This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

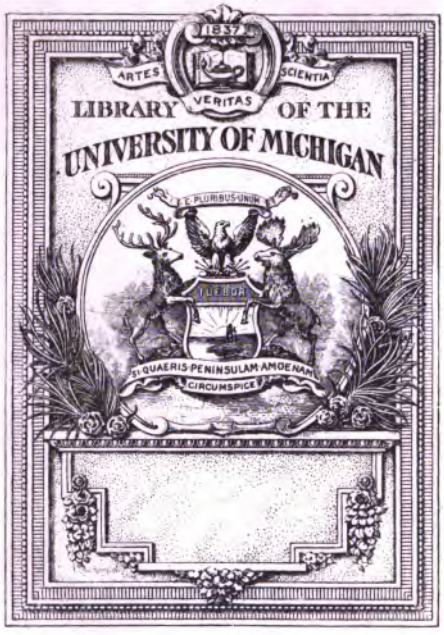
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.


1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

QE
522
.F18

MONDLANDSCHAFT MIT RILLEN

MERCATOR & CAMPANUS

ORIGINALZEICHNUNG

VON

ERNEST MATTHÉY-GUENET.

GEDANKEN UND STUDIEN

ÜBER DEN

VULCANISMUS

MIT BESONDERER BEZIEHUNG AUF DAS

ERDBEBEN VON BELLUNO AM 29. JUNI 1873

UND DIE

ERUPTION DES ÆTNA AM 29. AUGUST 1874

VON

RUDOLF FALB.

„Vergeblich erweitern wir unsern Blick in die himmlischen Räume und erspähen das Innere der Erde; vergeblich berathen wir uns aus den Schriften gelehrter Männer, so wir nicht den Wortvorhang wegziehen, um klar und rein den Erkenntnissbaum zu erblicken, dessen Frucht vortrefflich und unserer Hand erreichbar ist."

Berkeley: Ueber die Principien der menschlichen Erkenntniss.

MIT XIII LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

GRAZ.
VERLAG VON LEYKAM-JOSEFSTHAL
1875.

DRUCKEREI: LEYKAM-JOSEFSTHAL, GRAZ.

MEINEM HOCHVEREHRTEN FREUNDE

DEM HERRN

GRAFEN SZÉCHENYI BÉLA

GEWIDMET.

GEDANKEN UND STUDIEN

ÜBER DEN

VULCANISMUS.

Reclus. MP 3-2-38

Vorwort.

„Es begegnet einem Jeden leicht, dass er diejenigen Arbeiten, welche nicht in der Richtung verfasst sind, die ihn besonders anspricht, geringer achtet, als sie es verdienen und andere höher schätzt, als es ihr wahrer Werth mit sich bringen sollte".

Carl Vogt: Lehrbuch der Geologie II. pag. 718.

In der Forschung nach den Ursachen der Erscheinungen genügt es nicht, einen originellen Einfall zu haben; man muss es auch verstehen, selbst an demselben Kritik zu üben. Scheinbar ein schwieriges Geschäft! Aber nur für denjenigen, der weniger das Streben nach Wahrheit, als die Vordrängung seiner eigenen Persönlichkeit im Auge hat. Diesem Grundsatze von der Nothwendigkeit der Selbstkritik verdanken die vorliegenden Blätter zum grössten Theile ihren Ursprung.

Seit dem Erscheinen meiner ersten Arbeit über die Ursachen des Vulcanismus war ich unablässig bestrebt, nach den etwaigen Lücken und schwachen Seiten derselben zu spähen. Was ich in dieser Richtung von der fremden Kritik erwartet und gehofft, dass sie mir nämlich dabei behilflich sein werde, ist nicht im Geringsten eingetroffen. Zu meinem Bedauern muss ich es hier offen aussprechen, dass die Einwürfe, die mir gemacht wurden, Nichts zu

meiner Belehrung beigetragen und sicherlich auch sonst Niemanden aufgeklärt haben.

Einige trafen jene Punkte meiner Theorie, welche unerschütterlich feststehen, nämlich den Zusammenhang der Erdbeben mit den vulkanischen Erscheinungen und deren Periodicität; andere waren geradezu unwissenschaftlich in einem Grade, der meinen Respect vor den Kritikern unter den Gefrierpunkt sinken liess; derjenigen Entgegnungen und abfälligen Bemerkungen, die aus sehr trüber Quelle stammen, vorläufig gar nicht zu gedenken. Dass Einzelnes, was missverstanden worden war, wie das Verhältniss meiner Theorie zu den Ansichten und Untersuchungen von Perrey, nun schärfer gegeben werden musste, ist der ganze Nutzen den ich aus der Kritik zog. Dankbar werde ich es anerkennen, wenn mir etwa aus Anlass dieser Publication, welche die Lücken und Fehler der esteren ausbessert, neue Thatsachen und Berechnungsmethoden bringt und ein weiteres Missverständniss unmöglich macht, wesentliche Irrthümer nachgewiesen werden sollten. Denn ich erachte es für ehrenvoller, einen erkannten Irrthum offen einzugestehen, als vor dem minder kritischen Leser unbesiegt zu erscheinen. Nicht das Bewusstsein, eine neue Idee in die Welt geschleudert zu haben, kann dem ernsten Forscher Befriedigung gewähren, sondern einzig und allein die aufrichtige Ueberzeugung, ein Körnchen Wahrheit gefunden, einen Baustein zum Pallaste der menschlichen Erkenntniss herbeigeschafft zu haben. Wo diese Ueberzeugung nicht vorhanden ist oder nur auf moralischer und intellectueller Schwäche und der

daraus fliessenden Selbsttäuschung beruht, da hat der wissenschaftliche Ehrgeiz keinen Sinn mehr.

Mit dem, was die gegenwärtige Forschungsmethode theoretisch fordert, dürfte in diesen Blättern kaum ein Widerspruch zu Tage treten, wohl aber mit einzelnen praktischen Anwendungen der Neuzeit, welche diese Methode geradezu verläugnen, wie dies auch im betreffenden Falle hervorgehoben wird. Es scheint überhaupt, als sei man sich heutzutage des Geistes der empirischen Methode nicht immer bewusst. Denn man konnte unlängst beobachten, dass der Beifall der Autoritäten nicht jene Bürgschaft gewährt, die er gewähren soll. Wenn Jemand nachweisst, dass Etwas so sein könnte, so ist dadurch selbstverständlich noch nicht dargethan, dass es auch so ist. Aber jener Nachweiss ist das erste Erforderniss einer Hypothese. Wenn nun die Wissenschaft bereits, und sei es auch vor vielen Jahren, auf mathematischem Wege zur Erkenntniss einer der neuen Behauptung entgegenstehenden kosmischen Thatsache gelangt ist, wie z. B. durch die Arbeiten von Kopernicus, Kepler, Galilei, Newton, Laplace u. A., so darf eine solche Errungenschaft nicht einfach ignorirt werden, ohne dass zuvor ihre Unhaltbarkeit strenge nachgewiesen erscheint. Theoretisch wird gegen diesen Grundsatz die heutige, mit Recht hochgepriesene Forschungsmethode nichts einzuwenden haben; allein ihre Praxis steht nicht auf der Höhe ihrer Theorie. Die sich zu den „Sehenden“ zählen, sind mit Blindheit geschlagen; man kümmert sich um jene Arbeiten nicht im Geringsten und errichtet ein neues Gebäude über einem alten Vulkane. Es mangelt eben an

gründlicher Kenntniss des literarisch-wissenschaftlichen Terrains!

Noch auf andere Weise wird der Geist der empirischen Methode misshandelt. Viele glauben, dort, wo ein minutiöses Examen der einzelnen Thatsachen und ein klarer Ueberblick über ihre Gesammtheit zur Verallgemeinerung zwingt, diesen Zwang zu läugnen, entspreche dem Wesen der empirischen Forschung. Allerdings tritt hier in letzter Instanz beiderseits die subjective Ansicht in Geltung. Der Kniff besteht aber darin, das eigene subjective Urtheil als unfehlbar und das des Gegners als „reine Speculation" hinzustellen. Mit diesem Schlagworte ist dann scheinbar eine feste Position auf dem Boden der neueren Methode gewonnen. Nun hat aber die empirische Methode zwei Ausgangspunkte.

Entweder erregt eine grosse Zahl zufälliger Beobachtungen, die von verschiedenen Personen und zu verschiedenen Zeiten aufgezeichnet worden waren, in ihrer zufälligen Zusammenstellung unsere Aufmerksamkeit, indem sich darin ein bestimmtes Gesetz ausspricht, welches wir auch in einer zweiten Beobachtungs-Reihe für eine ganz andere Erscheinung kennen gelernt; dann schliessen wir daraus mit Sicherheit, dass beide Erscheinungen zu einander oder beide zu einer dritten im Causalnexus stehen. Wir finden z. B. in einer zufälligen Zusammenstellung der jährlichen Sonnenfleckenzahl das Gesetz, dass eine verhältnissmässig grösste Ziffer nach 11 Jahren wiederkehrt, ein Gesetz, von dem wir wissen, dass es sich auch in der Zusammenstellung des Betrages der jährlichen Declination der Magnetnadel

ausspricht; so haben wir das Recht anzunehmen, dass entweder eine dieser Erscheinungen zur anderen, oder jede derselben zu einer dritten unbekannten Erscheinung im Verhältnisse von Ursache und Wirkung steht. Oder wir ahnen einen Causalnexus aus irgend welcher Veranlassung und stellen dann absichtlich eine Reihe von zufälligen (d. h. zu keinem besonderen oder zu einem anderen Zwecke gemachten), vielleicht auch von uns selbst zu diesem Zwecke angestellten Beobachtungen zusammen, um zu prüfen, ob sich darin in der That das nämliche Gesetz und somit auch ein Causalnexus ausspricht. So könnte z. B. Jemand auf den Gedanken gekommen sein, dass der Umlauf des Mondes um die Erde und der Fall des Apfels vom Baume mit einer und derselben unbekannten Kraft im Causalnexus stehen. Er hätte dann eine Reihe von Beobachtungen über den Mondlauf mit einer Reihe von Beobachtungen über den freien Fall der Körper auf der Erde zu vergleichen gehabt und wenn sich darin ein und dasselbe Gesetz gezeigt hätte, so wäre er berechtiget gewesen, anzunehmen, dass entweder Mondlauf und Fall des Apfels zur Erde wie Ursache und Wirkung sich verhalten, oder — da dies aus anderen Gründen mehr als unwahrscheinlich ist — dass beide zu einer unbekannten Kraft in solchem Verhältnisse stehen. Man sieht, es ist in dem Wesen des letzteren Verfahrens von Speculation ebenso wenig die Rede, als in dem ersteren; beide Arten gehören der empirischen Forschung; ich möchte erstere die mechanische, letztere die philosophische Induction nennen. Der Unterschied zwischen den Vertretern beider Methoden,

wie man nun klar ersehen wird, besteht darin, dass der eine den Fuchs auf dem Anstand erwartet, der andere ihn in seinem Baue aufsucht.

Um überhaupt auf den Gedanken zu kommen, zwei Erscheinungen in der Natur mit einander in hypothetische Verbindung zu bringen und dadurch zur Untersuchung angeregt zu werden, bedarf es allerdings einer speculativen Ader. Nun aber scheint es heutzutage geradezu Mode geworden, gegen „Hypothesen und Speculationen" loszuziehen, oder mit einem gewissen Stolze sich einer Enthaltsamkeit zu rühmen, die häufig nur die Folge angeborner Ideenarmuth ist. Hier wird das Kind mit dem Bade ausgeschüttet.

Man glaube ja nicht, dass ich hier der reinen Deduction oder Natur-Philosophie im schlimmsten Sinne das Wort rede. Es war mir immer klar: eine reine Deduction ist in den Naturwissenschaften ein Unding. Alle scheinbar auf deductivem Wege abgeleiteten Resultate, wenn sie irgendwie Anspruch auf Beachtung machen, gehen vielmehr aus versteckter Induction hervor. Der Forscher legt seiner Untersuchung, sobald er damit in die Oeffenftlichkeit tritt, oft eine allgemeine Idee, ein Princip zu Grunde, und trifft in consequenter Entwicklung desselben thatsächlich auf die besonderen Ergebnisse der Forschung; aber er ist zuvor, wenngleich ohne es sich oder seinen Lesern einzugestehen, von diesen besonderen Ergebnissen ausgegangen und allmälig auf jene Idee gerathen: Prämisse und Schluss haben nur die Rollen gewechselt. Wie man auch immer darüber denken mag, für den Kenner der Geschichte der Wissenschaften steht

es fest und wer es nicht weiss, kann es auch durch die Wahrscheinlichkeitsrechnung erfahren: die wichtigsten Entdeckungen der Naturforschung, die „grossen Schritte" alle, sind auf dem Wege der philosophischen Induction gemacht worden. Zu dieser sind aber nur speculative Köpfe befähiget. Die allgemeinen Urtheile der reinen Empiriker, abgesehen davon, dass sie selten positiv sind, verunglücken in der Regel durch ihre Einseitigkeit und Myopie. Dazu liefert ihr hervorragendster Vertreter, Baco von Verulam, das interessanteste Beispiel. Dieser unverdrossene Kämpe gegen das Kopernicanische System sah in dem Urheber desselben nur einen „Mann, der Einfälle jeder Art aufnimmt und in die Natur einführt, wenn sie nur mit seinen Calculationen in Uebereinstimmung gebracht werden können." *) Die Missachtung des Calcüls ist überhaupt eine charakteristische Eigenschaft aller Gelehrten dieser Gattung. Doch, wie steht heute Kopernicus, wie Baco vor unseren Augen! Und wie so mancher andere Ritter vom Geiste im Vergleiche zu seinem Kritiker!

Also principiell verabscheut man die Speculation, aber wenn sie Erfolg hat, bewundert man sie.

Wo steckt da die Logik?

Die Nachwelt, welche den Mann der „Einfälle" in Monumenten und Banketten feiert, vermeint damit das Unrecht, welches die Vorwelt an dem Lebenden verschuldet, wieder gut zu machen. Ein eitler Wahn! Die wahre Sühne liegt nicht in dem Bedauern, sondern in

*) Baco's eigene Worte aus seiner „Descriptio globi intellectualis."

der Hebung des Uebels. Wenn man dagegen beobachtet, wie viele Nullen in der Gegenwart vergöttert, wie viele wahrhaft bedeutende Geister übersehen werden, wie Alles nur dem Personencultus huldigt, so kommt man bei einem solchen Feste auf den Gedanken, es seien die hier ausgerufenen hohen Curse des Nachruhms ein reiner Schwindel und das Bankett gelte weniger dem „grossen Todten", der ja nicht mehr essen und sprechen kann, als vielmehr den kleinen Lebenden, die so schöne Reden halten.

Man ehre die Todten ohne Egoismus und Heuchelei durch Beachtung der Ideen der Lebenden und trenne endlich einmal von dem unschädlichen wissenschaftlichen Materialismus den corrumpirenden Materialismus des Frackes. Wo dieser herrscht, da gilt statt der Leistung die Verschwägerung, statt der Talente die Rente, statt der Idee der Thee. Ueber den stillen Forscher, der nicht jede Woche etliche Male antichambrirt, zuckt man die Achseln. Dass schliesslich denn doch nur die Geschichte urtheilen wird, scheint den Virtuosen dieses Materialismus zu entgehen.

Die Lebensfähigkeit einer Idee erst dann einzusehen, wenn sie alle Welt erkannt, ist kein Verdienst, sondern eine Schuldigkeit, welcher sich auch der Bornirteste, schon anstandshalber, nicht entziehen kann. Wer aber den gesunden Kern im neuen Gedanken gleich bei seiner Entstehung durchblickt, documentirt dadurch seine Stellung über dem Niveau des Alltäglichen.

Schon auf den ersten Blick lässt sich die frivole Hypothese von der faulen, etwas schwieriger diese von

der gesunden unterscheiden. Bei der ersteren liegt der Widerspruch mit den Beobachtungen oder mit den Rechnungen zu Tage, während er bei der faulen Hypothese schon tiefer steckt, aber durch eingehende Prüfung der Prämissen immer noch entdeckt werden kann. Die gesunde Hypothese dagegen characterisirt sich dadurch, dass sie dem jedesmaligen Standpunkte der Wissenschaft sowohl, als den Forderungen der Logik vollständig Rechnung trägt. Sie braucht deshalb auch nicht die endgiltig richtige zu sein. Wenn sie die genannten Bedingungen erfüllt, also keinen Anachronismus in sich schliesst, wird man ihr das Recht des Bestandes nicht absprechen können, ja, sie sogar willkommen heissen, weil ihr Nutzen immer grösser sein wird, als ihr Schaden. Denn schon der gefeierte Astronom Bessel, der Schwärmerei gewiss nicht verdächtigt, hat auf den Nachtheil hingewiesen, der für die Beobachtung einer Erscheinung erwachsen kann, so lange keine klar formulirte Hypothese darüber vorliegt.

Gewiss! Ohne Hypothese gibt es keine planmässige Beobachtung, kein durchdachtes Experiment. Von Speculation gehen die ersten Versuche aus; ja selbst wo der Zufall Winke gibt, bedarf es einer lebendigen Phantasie, um dieselben zu erhaschen und richtig zu deuten. Allen scharfsinnigen Experimenten des Forschers im physikalischen Cabinete liegen Speculationen und Hypothesen zu Grunde. Sie sind es, welche die Form des Versuches bestimmen und jene Vorgänge bezeichnen, auf welche der Forscher bei der Beobachtung einer Erscheinung besonders zu achten hat.

Es ist sonach die Möglichkeit nicht ausgeschlossen,

dass die Hypothese des Verfassers über die Ursache der Erdbeben der Wissenschaft einen ähnlichen Dienst leiste. Sie von gewissen Gesichtspunkten als schädlich zu bezeichnen, war ein Werk der falschen Sentimentalität, um welche sich die Forschung nicht zu kümmern hat.

Doch nicht allein um die Aufstellung einer Hypothese handelt es sich in diesen Bättern. Man wird darin theils neue, theils minder bekannte Thatsachen hervorgehoben, mit anderen verglichen und sorgfältiger erörtert finden, als es bisher zu geschehen pflegte.

Diese Erörterungen sind es, die ich mit dem Namen Studien bezeichne, da eine Zusammenstellung der Materialien ohne deren Discussion — nach der Bedeutung des Wortes — ebensowenig diese Bezeichnung verdient, als das Anlegen eines Herbars oder einer Mineraliensammlung.

Den Kern des Buches bilden jene Abschnitte, welche den Eingangs erwähnten Ursprung haben Diesen wurde der Abschnitt I und II vorgesetzt, um den Intentionen der Verlagshandlung zu entsprechen, welche das Buch nicht ausschliesslich in die Hände der Fachgelehrten gelegt wissen wollte. Der I. Abschnitt ist einem populären Vortrage entnommen, welchen ich im „Verein zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse“ zu Wien gehalten hatte; der II. Abschnitt war nach dem Erdbeben von Belluno 1873 im „Neuen Wiener Tagblatt“ veröffentlicht worden; beide Stücke schienen demnach geeignet, einem grösseren Leserkreise zu entsprechen.

Dies gilt auch von den fünf ersten Briefen des III. Abschnittes. Sie verdanken ihr Entstehen einer Reise,

die ich im Vertrauen auf die Richtigkeit meiner Theorie August 1874 nach Sizilien unternommen, und wurden an den Tagen ihres Datums, also unmittelbar vor und nach dem Aetna - Ausbruche jenes Jahres, nach Wien geschrieben.*)

Ich hatte nämlich in den letzten Tagen des Juli 1874 die pag. 79 angeführte Notiz in den Zeitungen gelesen und daraus geschlossen, dass der Durchbruchs-Canal des Aetna zum Theil wieder geräumt sei, in welchem Falle die Zu- und Abnahme der Thätigkeit eines Vulcans ein gutes Prüfungsmittel der Theorie bildet. Ausserdem gab die Rechnung für die Tage um den 27. August einen bedeutenden Fluthwerth (4,2), der von jenem des 25. September (4,7), noch übertroffen wird; so dass mir — nach Allem, was ich durch Vergleichung der Theorie mit Eruptionen und Erdbeben aus früheren Zeiten gelernt hatte, — ein Ausbruch des Aetna Ende August**) sehr wahrscheinlich schien. Es gelang mir, die Herausgeber der „Neuen freien Presse" für die Sache zu interessiren und wir vereinbarten die Bedingungen, unter welchen die Prüfung meiner Theorie an Ort und Stelle möglich wurde; — ein Vertrag auf vier Wochen! wohl einzig in seiner Art, in welchem ich mich zwar nicht (wie meine guten Freunde

*) Sie sind sämmtlich wortgetreu abgedruckt, wie sie zuerst in der „Neuen freien Presse" erschienen waren. (Vgl. „N. fr. Pr." vom 27. Aug., 1., 5., 10. und 13. September 1874.) Der sechste Brief erschien im „Sirius" Nummer vom 15. October 1874.

**) Der Grund, weshalb nicht Ende September pag. 94, 96, 115 und 248.

es auslegen könnten) verpflichtete, Ende August eine Eruption zu liefern, wohl aber gewissermassen mit dem Credite meiner „Theorie des Vulcanismus“ für das Eintreten wissenschaftlich interessanter Phänomene zu dem von mir festgesetzten Zeitpunkt haftete.

Und hier bestand die Theorie in der That ihre „Feuerprobe“ im eigentlichsten Sinne des Wortes, aber nur für jene Empiriker, denen die Sprache der Erdbebenstatistik entweder noch nie zu Ohren gekommen oder unverständlich geblieben war.

Sie sahen nun etwas ganz Eigenthümliches, das sie auch nicht mehr dem Zufall zuschreiben konnten; denn bei vulkanischen Eruptionen, die keineswegs, wie Erdbeben, alltägliche Erscheinungen sind, versagt der Zufall, welchen man ehevor, bei den Erdbeben vom 13. August 1868, 1.—5. October 1869 u. A., vollständig entfesselt gegen mich in's Treffen hetzte, leider den Dienst.

Für mich selbst bedurfte es allerdings dieser Probe nicht mehr, denn ich kannte nicht nur die grosse Zahl der übereinstimmenden Thatsachen, sondern auch — was hier unvergleichlich mehr gilt — die zwingende Logik des Causalnexus. Ich sage: „unvergleichlich mehr gilt“; denn nicht die zwei Millionen Mal erfahrungsmässig eingetretene Folge des Aufganges der Sonne nach ihrem Untergange z. B. ist es, die uns den Anbruch des morgigen Tages mit Gewissheit erhoffen lässt, sondern die Einsicht in die Ursache des Sonnenaufganges verbunden mit der Ueberzeugung von der Abwesenheit jedes störenden Hindernisses der Erdrotation; — eine Gewissheit, die sonach erst durch die Kopernicanische Theorie

möglich erscheint. — Und was überzeugt uns wieder von der Richtigkeit der letzteren? Gleichfalls nur logische Folgerung! Denn empirisch erwiesen wäre sie erst, wenn wir von einem anderen Punkte im Planetensystem die Bewegung der Erde um die Sonne direct beobachten würden, wie wir z. B. die Bewegung der Trabanten des Jupiter beobachten. — Worauf beruht unsere Ueberzeugung, dass nach einer totalen Sonnenfinsterniss, die Sonne wieder sichtbar werden wird? Eine Ueberzeugung, die ebenso fest steht, als jene vom Anbruche des folgenden Tages, obgleich die beobachteten Fälle sich hier verhältnissmässig auf ein Minimum reduziren. Recht klar wird dies durch die thatsächliche Besorgniss der Chinesen, es könnte „der grosse Drache" denn doch einmal die Sonne verschlingen, was durch Geschrei und Geklirre verhindert werden muss, obgleich sie historisch eine grössere Zahl von Finsterniss-Beobachtungen in Erinnerung haben, als wir. Hier sieht man deutlich, dass den europäischen Völkern nur die astronomische Theorie der Finsternisse in ihren ersten Grundzügen jene Ueberzeugung verschafft. — Der Glaube, dass im Universum ausser der Erde noch eine grosse Menge von Gestirnen bewohnt sei, hat sicherlich keine empirische Grundlage; denn dann würde er — weil nur auf einen einzigen Fall fussend — thörichter sein, als der Glaube, dass es im ganzem Weltall, nur einen Stern mit Ringen gebe, welchen unendlich mehr zutreffende Beobachtungen stützen.

Der bekannte Ausspruch von Sir Humphry Davy (des berühmten englischen Physikers, der darüber lachte, als er hörte, London könnte einst mit Gas beleuchtet

werden): „One good experiment is of more value than the ingenuity of a brain like Newton's“ — zeigt, wie sehr die nackte Empirie den Scharfblick für allgemeine Urtheile abstumpft. Wodurch lässt sich besser prüfen, ob das Experiment wirklich „gut“ ist, als durch den Scharfsinn eines Newton'schen Gehirnes? Kein zweites Experiment kann ohne die bezügliche Ueberlegung und logische Discussion die Güte des ersten beweisen, geschweige denn lehren, was die richtigen Folgerungen daraus sind. In jenem Ausspruche unterschätzte Davy nicht nur Newton's Kraft, sondern auch seine eigene. Wo die logische Folgerung als Forschungsinstrument Nichts gilt, wo schon das Wort „Experiment“ Alles ersetzt, da verliert sich der kritische Geist allmählig und wenn sich dann vollends der Aberglaube gleichfalls des Experimentes bemächtiget, dann steht der im deductiven Schliessen ungeübte Vertreter der Wissenschaft demselben machtlos gegenüber.

Man beachte z. B. nur, wie ungeschickt heutzutage selbst von Koriphäen der Naturwissenschaft gegen das „Wunder“ argumentirt wird! Denn der Beweis, dass es kein Wunder gibt, kann nicht dadurch geführt werden, dass man sagt: „Es ist unglaublich“ oder: „Es ist noch nie beobachtet worden“. Die wissenschaftliche Ueberzeugung von der Nicht-Existenz der Gespenster beruht nicht darauf, dass nie ein Gespenst gesehen wurde (es gibt sehr ehrenwerthe Leute, die das Gegentheil behaupten) sondern auf der theoretischen Verallgemeinerung unserer Ansicht über das organisch-stoffliche Entstehen und Bestehen eines mit Gedächtniss, Bewusstsein und Intellect

begabten Individiums. So viel ich weiss, hat der einzige Lecky dies durchschaut. Dort wo er sagt: „When men are destitute of the critical spirit, . . and when their imaginations are still incapable of rising to abstract ideas, histories of miracles are always formed and always believed“— hätte er statt „when“ noch besser „where“ setzen können. Nirgends sind die Menschen abstracten Ideen so abhold, als in Nordamerika und in der That finden wir nirgends den Spiritismus so eifrig und erfolgreich betrieben, als dort. Wir können daher kühn als unsere Ueberzeugung aussprechen: so lange das deutsche Volk seinen idealistischen Charakter bewahrt, ist es gegen die Invasion dieses Feindes ernsten und mühvollen Lernens gefeit.

Und — last not least — entsprechen die thatsächlichen Beobachtungen, so zahlreich sie in absolutem Sinne auch sein mögen, der Darwin'schen Hypothese in ihren weitverzeigten Beziehungen derart, dass man nicht mehr sagen könnte, es stecke relativ ein reichliches Maass philosophischer Induction in ihr? Gleichwohl erachtet es die neuere Naturforschung nicht gegen ihre Würde, diese „Theorie“ unter ihre Fittige zu nehmen, und — wie ich dafür halte — mit Recht.

Ich vermeinte, meine Ansicht über das Wesen der philosophischen Induction und ihr Verhältniss zur mechanischen nicht besser auseinander setzen zu können, als durch diese Beispiele. Beide Arten der Induction unterscheiden sich nur durch das Maass, in welchem

sie Verstandesoperationen in Anspruch nehmen, während sich der Werth der ersteren wieder nach der Mannigfaltigkeit der zu Grunde gelegten Thatsachen, durch welche diese Verstandesoperationen hervorgerufen werden, beurtheilt.

Sollte die Wahl dieser Beispiele ob des hohen Grades von Vertrauen in meine Theorie, den ich dadurch verrathe, überraschen, so bedenke man einerseits, dass nach Veröffentlichung jeder neuen sorgfältig erwogenen und durchgearbeiteten Theorie, mag diese richtig oder falsch sein, zwischen dem Autor und den ersten Lesern derselben stets eine grosse Kluft besteht, deren Ausfüllung — oder Erweiterung — der Zeit und dem guten Willen der Fachgelehrten überlassen bleibt; anderseits, dass die historischen Studien einzelner Details bei verschiedenen Erdbeben und Eruptionen, namentlich was den mechanischen Theil dieser Phänomene betrifft, bisher mangelhaft waren und sich nur auf die Zahl, Fortpflanzungs-Geschwindigkeit und Richtung der Stösse, letztere kaum annäherd richtig gefunden, beschränkten, das Urtheil über die Ursache derselben daher nicht, wie dies hier zum ersten Male geschieht, aus der Erscheinungsweise selbst gewonnen wurde, während doch eine Mannigfaltigkeit von Thatsachen auf eine ganz bestimmte Erschütterungsursache hinweist, und sonach die einfachste Annahme, die eine umfassende Erklärung liefert, ein grosses Vertrauen hervorrufen muss.

Was aber den bisherigen Erfolg der Theorie betrifft, hätte es meiner Individualität besser entsprochen,

die vorstehenden und folgenden Schilderungen desselben aus einer anderen Feder fliessen zu sehen, da der Grundsatz: „Nur Lumpe sind bescheiden“ denn doch nicht zu allgemeiner Geltung gelangt ist. Aber Fachgelehrte, die sich nur für die Sache und daher für Alles, was in dieser Sache gethan wurde, interessiren, gleichviel ob ihre Person dabei betheiligt war oder nicht, — solche Fachgelehrte sind heutzutage sehr rar geworden. Man hört häufig als Motiv des Todtschweigens die Phrase: „Ich hatte keine Veranlassung, dies zu erwähnen“ als ob die historische Gerechtigkeit keine Veranlassung wäre! Allein, die es dabei bewenden lassen, sind noch immer nicht die schlechtesten. Es gibt deren, welche nur gegen Revanche — — — „historische Gerechtigkeit üben“ darf man hier nicht sagen, denn diese kann auf beiden Seiten sehr verschieden klingen und man will „einen guten Klang“ für seinen Namen um jeden Preis. Sie setzen also historische Gerechtigkeit = „Mädchen für Alles.“ — Es stehen uns Details in schwerer Menge zu Gebote, um den Vorwurf der Uebertreibung seiner Zeit widerlegen zu können.

Doch diese — Gemüthlichkeit geht, wenn nicht alle Zeichen trügen, ihrem Ende entgegen.

Redeunt Saturnia regna! Eine gesunde, kräftige Reaction, vom jüngeren Geschlechte ausgehend, legt bereits die Axt an das faule Holz. Bald dürften die Zeiten wiederkehren, wo der öffentlich begangene Irrthum und das zugefügte Unrecht auch frei und offen eingestanden wird, wo man, jedes kleinlichen Neides bar, bei gemein-

samer Arbeit den Hinzutretenden freudig willkommen heisst, wo die Forschung im Fache nicht mehr als persönliches Monopol mit finsteren Brauen bewacht und als ein „Kampf um das litterarische Dasein" aufgefasst wird, sondern als die Theilnahme am Ringen Aller nach Klarheit, Harmonie und Wahrheit.

Wien, am 1. Mai 1875.

Der Verfasser.

I.

Ueber Erdbeben im Allgemeinen.

Wir verstehen unter „Vulcanismus“ den Complex jener Kräfte des Erdinneren, welche beobachtetermassen die heftigste Bewegung der Oberfläche plötzlich hervorzubringen im Stande sind.

Während die Vulkane in der Gegenwart einen verhältnismässig kleinen Theil der Erdoberfläche einnehmen, während ihr furchtbares Walten theils durch die Vorzeichen, die sich vor einem vulkanischen Ausbruche zumeist zeigen, theils auch durch die allmählige Entwickelung des Phänomens selbst vielfach gemildert wird, sind die Erscheinungen, mit welchen wir uns hier vorerst beschäftigen, schrecklich durch ihre grosse, ja fast allgemeine Verbreitung auf der Erdoberfläche, durch ihr urplötzliches, in keiner Weise angedeutetes Auftreten und durch die kurze Dauer ihrer Entwickelung, welche jedes Entfliehen unmöglich macht.

Auf den ersten Blick scheint es, als seien die Erdbeben über die Erdoberfläche regellos vertheilt; allein bei näherer Betrachtung stellt sich heraus, dass zwischen Erdbeben und Vulkanen in Bezug auf ihre Verbreitung ein entschiedener Zusammenhang stattfindet. Wie bei einem grossen Flusse an beiden Ufern

noch tiefer in's Land hinein gewissermassen ein unsichtbarer Wasserstrom mitfliesst, so ist auch die vulkanische Kette, die sich von Island über Italien, Griechenland, Ostindien, Japan, Kamtschatka und die Westküste von Amerika zieht, beiderseits von dem breiten Saume eines Erdbebengebietes eingefasst. Im Allgemeinen kann behauptet werden: Je näher ein Ort einem vulkanischen Herde liegt (wozu wir aber auch die erloschenen rechnen müssen), desto häufiger und stärker wird er von Erdbeben heimgesucht. Das trifft um so besser zu, wenn wir zu den noch thätigen oder auch erloschenen vulkanischen Ketten jene hohen Gebirgsmassen hinzunehmen, welche nachweisbar durch unterirdische Hebung, durch die sogenannte plutonische Kraft entstanden sind. So zeigt sich denn in der That, dass in allen gebirgigen und besonders an Hochgebirgen reichern Ländern Erdbeben sehr häufig sind. So in den Pyrenäen, Alpen, Karpathen, Condilleren und am Himalaya, der von den meisten Vulkanen sehr weit entfernt ist *).

In Afrika, wo sehr wenig Vulkane vorkommen, sind auch Erdbeben seltener und der Nordrand, wo sie auftreten, ist gleichfalls von bedeutenden Gebirgsketten durchzogen. In Ländern, die grosse ebene Flächen besitzen, ereignet sich Erdbeben minder häufig.

Betrachten wir uns nun die Art und Weise dieser Erscheinungen selbst. Bezüglich eines einzelnen Ortes, wo wir Erdbeben bemerken, lassen sich drei Arten von Erschütterungen unterscheiden: Aufstossende (susultorische),

*) Man spricht nur von zwei Vulkanen in der Nähe des Himalaya, deren Existenz noch zweifelhaft erscheint. Erdbeben sind in der Nähe dieses Gebirgsstockes weit verbreitet und ausserordentlich heftig.

wellenförmige (undulatorische) und wirbelförmige (vorticose). Aufstossende Erdbeben sind in der Regel die stärksten und gefährlichsten. Die Gegenstände, welche sich auf der Erdoberfläche befinden, werden senkrecht in die Höhe geworfen. So z. B. wurden bei dem Erdbeben in Calabrien 1783 fast alle Pflastersteine herausgerissen und in die Höhe geschleudert; bei dem Erdbeben in Chili 1837 wurde ein Mastbaum, der an der Küste 30′ tief in's Erdreich eingesenkt war, schnurgerade in die Höhe geworfen; bei dem grossen Erdbeben in Riobamba 1797 wurden auf dem Kirchhofe fast alle Leichen aus den Gräbern herausgeschleudert.

Die wellenförmigen Erdbeben, bei welchen der Boden wie eine flüssige Masse auf und ab wogt, lassen die Gegenstände unbewegt oder bringen sie einfach zu Falle. Dieselben sind meist weniger heftig und seltener gefährlich. Wellenförmig war z. B. das berühmte Erdbeben von Lissabon am 1. November 1755, welches allerdings auch ungemein verderblich auftrat und in dieser Beziehung wohl eine Ausnahme von den übrigen dieser Art machte. Hier sah man deutlich von den Schiffen aus, wie sich die Stadt sammt ihren Häusern und Thürmen einer Meeres-Woge gleich bewegte. In den vereinigten Staaten trat im Jahre 1811 ein wellenförmiges Erdbeben ein, welches in verschiedenen Gruppen und Abtheilungen bis zum Jahre 1813 dauerte. Bei diesem sah man nicht selten, wie sich ganze Wälder nach Art eines Aehrenfeldes bewegten und konnte die Verschlingungen der Bäume untereinander beobachten, in deren Bewegung sich Berg und Thal der fortschreitenden Erdbeben-Woge deutlich abspiegelten.

Die dritte Art der Erschütterung ist die aller-

gefährlichste. Man hat bis jetzt noch keinen rechten Begriff von dem Zustandekommen eines Wirbels, wie er bei dieser Bewegung nach den dabei zu Tage tretenden Erscheinungen vorausgesetzt wird. Im II. Abschnitt wird sich Gelegenheit bieten, ein Beispiel näher zu betrachten. Bei dem Erdbeben von Carracas 1812 schien der Boden sich in sprudelndes Wasser verwandelt zu haben. Während des Erdbebens in Jamaica im Jahre 1692 wurden zu Port-Royal Menschen von dieser sprudelförmigen Bewegung des Bodens ergriffen und zerquetscht.

Diess sind die vorzüglichsten Arten der äusseren Form, in welcher die Erscheinung auftritt. Ausserdem bemerkt man fasst bei jedem, selbst dem geringsten Erdbeben meist ein vorausgehendes, mehr oder minder starkes Geräusch, ähnlich dem Rollen des Donners oder eines rasch fahrenden Wagens. In der Regel wird dieses Geräusch von den Beobachtern mit dem Vorüberfahren eines Eisenbahnzuges verglichen.

Die Dauer der Erdbeben ist in der Regel sehr kurz. In 3—4 Secunden wurde im Jahre 1755 Lissabon zerstört. Es folgten zwar darauf allerdings noch zwei Stösse, allein die Zerstörung der Stadt war schon beim ersten Stosse vollendet. Desgleichen erwies sich beim Erdbeben von Belluno 1873 der erste Stoss in der Dauer von 4—5 Secunden als der furchtbarste. Die weiteren Stösse machten keinen Schaden. Bei Erschütterungen, die sehr heftig auftreten, ist es selten mit wenigen Stössen abgethan. In der Regel setzen sich die Stösse Tage, oft Monate lang mit wechselnder Intensität fort, doch tritt selten mehr eine an Stärke dem ersten Stoss vergleichbare Erschütterung ein.

Die Erscheinung wird auch häufig von elektrischen Anzeichen, von Blitzstrahlen begleitet, die man zwar vielfach geleugnet hat, deren Auftreten aber als constatirt angenommen werden muss.

Wenn wir nun mehrere Erdbebenorte zusammen betrachten, so finden wir, dass die Verbreitung dieser Erscheinung ebenfalls eine Dreifache ist. Entweder ist der Bezirk, welcher vom Erdbeben getroffen wird, nahezu kreis- oder ellipsenförmig abgeschlossen, wo dann in der Regel in der Mitte des Kreises die Erdbeben am stärksten sind, während sie radienförmig vom Centrum gegen die Periferie schwächer verlaufen und immer später auftreten (centrale Beben), oder es machen sich alle Stösse gleichzeitig in einer geraden Linie fühlbar (lineare Beben), oder es verbreitet sich endlich die Erschütterung von einem Punkte aus, wo sie zuerst und am heftigsten auftrat, nach zwei entgegengesetzten Seiten gleichfalls in einer geraden Linie aber mit abnehmender Intensität (transversale Beben).

Im Allgemeinen ist die Verbreitung der Erdbeben unzweifelhaft am stärksten in der heissen Zone, weiter gegen die Pole nimmt diese Erscheinung ab. Allerdings gibt es auch im Norden Erdbeben-Herde, so in Dänemark und England; dafür sind aber meist speciell locale Gründe anzuführen. In der Aequatorialzone treten sie verhältnissmässig am häufigsten auf. Dieser Satz ist geradezu unanfechtbar; die Ursache scheint eben in der relativ grössten Häufigkeit der Vulkane in diesen Regionen zu liegen.

Die Ausdehnung des Erschütterungsgebietes ist je nach der Stärke des centralen Stosses verschieden.

Während mancher Stoss nur einen einzigen Ort trifft, verbreitet sich ein anderer über einen grossen Theil des Erdbodens. Das Erdbeben vom 1. November 1755 erstrekte sich von Lissabon aus über Frankreich, die Schweiz, Italien, Bayern, Marocco, ja es reichten die Folgen sogar bis New-York. Es beziffert sich dieser Erschütterungsbezirk auf 700.000 Quadrat-Meilen, was ungefähr den dreizehnten Theil der Erdoberfläche ausmacht. Ebenso weit, wenn nicht weiter, verbreitete sich das Erdbeben von Valdivia im Jahre 1737 (7. November), das seine Wirkung bis zu den Freundschafts- und Sandwichs-Inseln ausdehnte. Wenn man den Flächeninhalt der davon betroffenen Länder berechnet, so ergeben sich über 1 Million Quadrat-Meilen, also ungefähr $^1/_{10}$ der ganzen Erdoberfläche. Dieses Erdbeben ist noch desshalb wichtig, weil die Verbreitung desselben nicht von Valdivia aus gleichmässig nach allen Seiten hin, sondern ausschliesslich gegen Westen erfolgte, während nach Osten die Bewegung gewissermassen abgeschnitten wurde durch die Kette der Anden, an deren westlichem Abhange die Stadt gelegen ist.

Was die Art der Verbreitung an einem einzelnen Orte betrifft, so hängt sehr viel von der Beschaffenheit des Bodens, von dem geologischen und tektonischen Baue der Erdrinde in der betreffenden Region ab. Ist der Boden locker, so kann der Stoss viel weniger Bewegung hervorbringen, als wenn er aus festem Material, aus plutonischem Gesteine besteht. Im Allgemeinen lässt sich behaupten, dass die Richtung der Verbreitung der Erdbeben nach der Richtung der Gebirgsketten oder, bei Thälern, nach der Thalsohle verlauft. In der Regel ist das Erdbeben dort, wo zwei Gebirgsketten

sich schneiden, also im Knoten, am stärksten. Wie bereits bemerkt, scheint das Erdbeben von Chili durch die Ketten der Anden gehemmt worden zu sein. Allein wir haben viele Beispiele, dass Gebirgsketten durchaus keine Hemmung der fortschreitenden Bodenbewegung bewirken konnten. Einen solchen Fall bietet uns das Erdbeben von Belluno im Norden von Venedig. Dasselbe reichte weit nach Tirol hinein und es waren dort die höchsten Berge in Mitschwingung begriffen. Auch am Fusse des Himalaya findet man sehr häufig, dass quer durch die ganze Kette des Thianschan und Hindukusch Erdbeben verspürt werden. Andererseits zeigt sich aber auch nicht selten, dass ein einzelner Ort in einer von dem Erdbeben betroffenen Region verschont blieb. Namentlich findet sich diese Erscheinung häufig in Peru, wo die Einwohner solche constant übersprungene Stellen Erdbeben-Brücken nennen. Man behauptet, dass Erdbeben-Brücken dort zu suchen sind, wo unter der Erdoberfläche sich ein hohler Raum befindet. Ueber Brunnen namentlich soll niemals eine Erschütterung eintreten. Es ist bekannt, dass die Statue des heiligen Januarius in Neapel niemals von einem Erdbeben gelitten hat, wenn auch Kirchen und Gebäude in der Nähe sehr arg beschädigt wurden. Ich habe mich bei meiner letzten Anwesenheit in Neapel überzeugt, dass die Statue wahrscheinlich nicht erschüttert wird, weil sie auf einer Brücke steht, unter welcher sich Keller und hohle Räume befinden.

Die Häufigkeit der Erdbeben ist nicht im ganzen Jahre dieselbe. Es zeigt sich für die meisten Orte der Erdoberfläche, wenn man alle Erdbeben während eines Jahres zusammenstellt, dass die meisten Erschütterungen

im Herbst und Winter, die wenigsten im Frühling und Sommer auftreten.

Ferner findet auch eine gewisse Periodicität in den einzelnen Monaten statt. Das Maximum tritt im Jänner ein, von da nimmt die Häufigkeit ab und wächst wieder zwischen März und April zu einem zweiten schwächeren Maximum heran, nimmt dann wieder ab, und erreicht zwischen Juni und Juli wieder ein drittes Maximum; weiter bemerken wir eine Zunahme zwischen September und October, dann eine kleine Abnahme, welche allmählig gegen den Monat Jänner wieder in Zunahme übergeht. Das absolute Minimum tritt im Juni ein *). Ausserdem wurde schon vor Jahren gemutmasst, dass die Erdbeben häufiger eintreten zur Zeit des Vollmondes oder Neumondes, oder auch zur Zeit, wo der Mond in der Erdnähe steht. Dieser Himmelskörper ist nämlich nicht immer gleich weit von der Erde entfernt. Innerhalb eines Monates kommt er einmal in seine grösste Erdnähe, das sogenannte Perigäum. Ferner unterliegt es keinem Zweifel, dass in manchen Zeiten auf der ganzen Erdoberfläche gewisse Erdbeben-Paroxismen eintreten, d. h. auffallend zahlreiche Erdbeben nahezu an demselben Tage und an den verschiedensten Orten. Wenn wir im Allgemeinen einen Vergleich ziehen zwischen den Erdbeben in der Vorzeit und denen in unserem Jahrhunderte oder Jahrtausende, so können wir im Allgemeinen sagen, dass einst die Erdbeben viel stärker gewesen sein müssen, als in der Gegenwart.

*) Vgl. die genaueren Daten im III. Abschnitte.

Es handelt sich nun um eine Erklärung dieser Erscheinungen.

Die Erdbeben-Theorien sind, man kann es füglich behaupten, so zahlreich, wie die Erschütterungs-Ursachen in der Natur überhaupt. Daraus geht schon hervor, dass man vielleicht gegenwärtig noch gar nichts weiss, was den Erdbeben eigentlich zu Grunde liegt, oder dass, wenn eine von diesen zahlreichen Theorien richtig sein sollte, sie nicht sehr alt sein kann. Denn eine so alte und häufig eintretende Erscheinung, gibt immer Gelelegenheit zur Prüfung dieser oder jener Theorie, und es muss sich da herausstellen, welche die richtige ist.

Einig ist man darin, dass 1. das Phänomen unterirdischen Ursprungs ist und 2. dass es von einer ungemein grossen Kraft ausgehen muss. Man hat sogar in neuerer Zeit den Versuch gemacht, die Tiefe der Erdbeben zu berechnen, allein die Berechnungen haben durchaus nicht jenen Werth, den man ihnen beilegt [1]). Im Allgemeinen wird behauptet, dass die Tiefe der meisten Herde nicht über 5 bis 7 geographische Meilen betragen kann.

Ich will nun die einzelnen Theorien, welche im Allgemeinen mehr Aufmerksamkeit auf sich gezogen haben, kurz hervorheben, ohne mich auf das Für und Wider bei jeder derselben weitläufig einzulassen.

Die älteste der Erdbeben-Theorien mag wohl die Einsturztheorie gewesen sein. Schon der römische Dichter und Philosoph Lucretius sagt, in der Erde gebe es Höhlungen, welche entstanden sind durch Auswaschungen des Wassers. Diese stürzen, wenn die Stützen sie zu tragen nicht mehr hinreichen, ein und erzeugen dadurch Bodenerschütterungen oder Erdbeben. Der

arabische Kosmograph Kazwini erklärt die Erdbeben auf dieselbe Weise und in neuester Zeit wendeten sich fast die meisten Geologen dieser Theorie zu; namentlich ist sie durch Volger und Mohr in Deutschland vertreten. Volger behauptet, dass die sehr häufigen Erdbeben der Schweiz keinen andern Grund haben, als den Einsturz von Hohlräumen, deren Entstehung er wieder durch Auswaschung von Gypslagern erklärt. Durch die Senkung eines Theiles der Erdrinde und durch das Auffallen von grösseren oder geringeren Massen auf den Boden werde eine Erschütterung erzeugt, die sich bis auf die Erdoberfläche verbreite. Allein diese Theorie vermag nicht alle jene Erscheinungen zu erklären, welche berücksichtiget werden müssen. Nach der Einsturztheorie bleibt es vollständig unklar, warum die meisten Erdbeben in der Aequatorialzone auftreten; denn die Schwere, welche den Einsturz der Höhlen bewirkt, ist ja grösser in der Nähe der Pole als am Aequator. Dann sind auch die Auswaschungen, durch welche solche Erscheinungen geschaffen werden sollen, viel grösser in den gemässigten Zonen, als in der trockenen wasserarmen Tropenzone. Und endlich müssten dann auch Erdbeben entstehen durch Einsturz an der Erdoberfläche. Es sind Einstürze von grossen Bergmassen auf der Erdoberfläche in der Schweiz, Tirol und Kärnten vorgekommen, aber man hat niemals gehört oder gelesen, dass dadurch grosse Erdbeben hervorgebracht worden wären.

Die zweite Theorie lässt die Erdbeben entstehen durch das Wirken der Dämpfe. Man sagt, die Dämpfe im heissen Erdinnern, die ihre Entstehung dem heissen Erdkerne danken, wirken durch Druck auf die Erd-

rinde und erzeugen auf diese Art Erdbeben. Allein auch diese Theorie hat vor einer strengen Untersuchung nicht bestanden. Der Dampf kann durch seinen Druck allein keinen heftigen Stoss erzeugen, er würde höchstens ein Zerreissen der einen oder anderen Schichte im Erdinnern herbeiführen und dadurch einen dem Erdbeben ähnlichen Stoss bewirken. Auf eine solche Erklärung beruht die Theorie von G. Poulett Scrope. „Wenn nun also die ursprüngliche Ursache in jener unteren Expansivkraft gesucht werden muss, welche die Spalten hervorbringt; warum wollen wir nicht glauben, dass die Entstehung dieser Spalten, d. h. das heftige und plötzliche Auseinanderreissen der festen Felsen, welche die Erdoberfläche bilden, die wahrscheinlich viele Meilen dick ist, unter dem Meere wie anderwärts, durch die zerrende Vibration, die in den übermässig gespannten Felsen verursacht wird, wenn sie auseinanderfahren und die nach beiden Seiten sich durch ihre zusammenhängenden Massen in undulatorischen Pulsationen fortpflanzen, die wahre Ursache des Erdbebens sei, und, sollte eine dieser nach unten sich öffnenden Spalten so weit in eine untere heisse Lavamasse vordringen, dass sie zu deren Aufkochen Veranlassung gibt, indem sie dieselbe von dem Uebermass von Druck befreit, der ihre höchst elastischen Gase oder den Zwischenraum-Dampf in Zwang hält — eines Lavaganges oder einer vulkanischen Eruption?“ Es wird nun Niemand einfallen zu läugnen, dass eine Erschütterung des Bodens überhaupt durch Schichtenzerreissungen hervorgebracht werden könnte; allein diess ist nicht Alles, worum es sich bei Aufstellung einer Erdbebentheorie handelt.

Zieht man aber Alles, was mit einem Erdbeben in Verbindung steht, in Erwägung, so kann eine solche Erklärung unmöglich genügen. Sie reicht weder hin, die Erdbebenhäufigkeit in der heisseren Zone, noch ihre Häufigkeit zur Zeit des Vollmondes oder Neumondes oder der Erdnähe zu erklären, noch vermag sie die grösste Häufigkeit im Jänner, März und September, und die geringste im Juni zu begründen.

Ferner kommt es hier sehr darauf an, was als die erste Ursache der Spaltenbildung betrachtet wird. Ist es die Kraft des plutonischen Dampfes oder nur „der gewaltige gegenseitige Druck und die Spannung der sich verschiebenden Gebirgsmassen“ ?

Müsste nicht in letzterem Falle bei so grossartigen Beben, wie es z. B. jenes von Lissabon war, sich eine solche Gebirgsmassen-Verschiebung auch an dauernden Verschiebungen der Oberfläche kenntlich gemacht haben? Letztere treten wohl, aber in sehr wenig merklichem Masse, in Folge von Erdbeben ein; müssten sie nicht viel stärker auftreten, wenn sie auch als Ursache gewaltiger Erschütterungen anzusehen wären? Uns scheinen diese Bewegungen nicht katastrophenartig, sondern, im Sinne der Lyell'schen Anschauung continuirlich und sanft zu verlaufen. Die dadurch entstehenden Spalten dürften stets nur local, also in geringer Ausdehnung zu denken sein, wie denn überhaupt ihr Bildungsprocess, eben weil von der localen Anordnung und Vertheilung der Massen abhängig, die sich nicht urplötzlich ändern kann, mit der langsamen Umgestaltung der Oberfläche gleichen Schritt halten muss.

Was nun die Bildung von Spalten durch plutonische Kräfte anlangt, so wird man wohl diesen Kräften direct auch nach dem Durchbruche mindestens ebenso energische Wirkungen auf die Oberfläche zuschreiben können, als der Bewegung der Erdschichten während des Zerreissens. Uebrigens steht die Art, wie man nach Mallet heute allgemein die Tiefe des Erdbeben-herdes zu berechnen sucht, einer solchen Annahme über den Ursprung der Erschütterung offenbar entgegen, indem die betreffende Formel sich darauf gründet, dass der Erdbebenherd ein Punkt — und keine Linie — ist.

Eine dritte Theorie behauptet, dass unterirdische elektrische Entladungen, ähnlich dem Blitze, den Erdbebenstoss hervorbringen.

Eine weitere Erdbebentheorie, deren Urheber der Physiker Dr. Carl in München zu sein glaubt, erklärt das Phänomen nach der Analogie des Leidenfrost'schen Tropfens Wenn nämlich ein Tropfen Wasser auf ein glühendes Metall fällt und dadurch überhitzt wird, so bildet sich rasch eine Dampfatmosphäre um ihn herum, welche durch ihre Spannkraft einige Zeit hindurch den Tropfen abschliesst, und durch ihre wechselnde Ausdehnung denselben in beständiger hüpfender Bewegung erhält. Dem entsprechend sollen sich auch im Erdinnern über heisse Flächen Wassermassen erziehen, die dann wie die Leidenfrost'schen Tropfen im überhitzten Zustande verweilen und nach verminderter Temperatur der Unterlage durch plötzliche Verdampfung das Erdbeben hervorrufen.

Diese Annahme ist nichts, als eine Wiederholung jener Theorie, welche Rob. Mallet schon im Jahre 1850 aufgestellt hat. Er sagt wörtlich: „Eine Eruption

feuriger Materie, welche unterhalb des Meeres stattfindet, muss grosse Klüfte oder Spalten in dem Felsengrunde öffnen, durch welche Wasser zu den feurigen Lavaflächen in der Tiefe Zutritt erlangt. Das Wasser bleibt anfangs in dem besonderen Zustande, welchen Boutigny sphäroidal nennt, bis die Lavafläche bis zu dem Punkte abgekühlt ist, bei welchem die Repulsion aufhört, und nun kommt es mit den heissen Flächen in Berührung; dann entwickelt sich ein grosses Volumen von Dampf explosive und strömt in das tiefe und kalte Wasser des Meeres, wo derselbe folglich condensirt wird; und somit wird dem vulcanischen Herde eine Art von Stoss und Impuls (oder mehrere) der furchtbarsten Art gegeben, der, da er sich nach allen Richtungen fortpflanzt, als Erdbebenstoss weiter schreitet". Wodurch wird denn aber die Eruption, welche die Spalten öffnet, verursacht?

Eine der letzten Theorien erklärt die Erdbeben durch Ebbe und Fluth im Erdinnern. Professor G. Balivi in Lima und Toaldo in Italien haben bereits vor 100 Jahren auf die Möglichkeit, dass Erdbeben auf solche Weise entstehen könnten, hingewiesen. In letzterer Zeit hat namentlich Perrey in Frankreich sich vielfach bemüht, den Einfluss des Mondes auf die Erdbeben nachzuweisen. Zahlreiche Zusammenstellungen seit den ältesten Zeiten aus allen Theilen der Erde wurden angefertiget, und es schien daraus hervorzugehen, dass die meisten Erdbeben zur Zeit des Voll- oder Neumondes und dann, wenn der Mond der Erde am Nächsten, auftreten. Der Beweis für diese Behauptung, die statistischen Zusammenstellungen, welche das hätten zeigen sollen, waren aber viel zu wenig ausschlaggebend. Es

ergab sich nämlich nur ein Ueberschuss von 4 Procent. Die meisten Fachgelehrten in Frankreich haben sich gegen diese Theorie erklärt und in Deutschland sprach man vor dem Erscheinen unseres Buches: „Grundzüge einer Theorie der Erdbeben und Vulkan-Ausbrüche, Graz, 1869“ kaum von ihr. Der Grund, wesshalb man sie zurückwies, lag also zunächst in der geringen Differenz der Maximal- und Minimal-Zahlen, sodann aber auch in der eigenthümlichen Anschauung Perrey's über die Wirkungsweise der unterirdischen Fluth. Er meinte, es entstehe eine förmliche Welle an der Oberfläche des heissen Kerns, welche an die feste Rinde anschlage. Das ist nun in der That etwas abenteuerlich und daher sträubten sich andere Gelehrte, diese Theorie anzunehmen.

Wer eine Theorie aufstellt, muss vor Allem über zwei Dinge klar sein. 1. Darf dieselbe kein Flickwerk, sondern muss ein einheitliches Ganzes vorstellen, und 2. muss sie strenge auf Beobachtung fussen und dürfen nicht mehrere Gründe für eine und dieselbe Erscheinung herbeigezogen werden, ohne dass die Erscheinung selbst dazu zwingt, verschiedene Ursachen anzunehmen. Perrey nun hat fast alle Theorien, welche über Erdbeben aufgestellt wurden, gutgeheissen; er schien sich in seiner ihm eigenthümlichen Ansicht so schwach, dass er jede andere gleichfalls herbeizog. *) Bei der Erklärung der Erdbeben müssen wir aber eine Theorie geben, welche ein Ganzes bildet, von der Geschichte der Erde ausgeht und hierin die Erklärung sucht, so dass das Erdbeben-Phänomen nur gewissermassen als Folgerung

*) Vgl. den III. Abschnitt.

aus den vorhergehenden Prämissen erscheint. Ferner darf man nicht überflüssig viele Theorien herbeiziehen, nicht viele Erklärungsgründe suchen, sondern nur dann mehrerlei Möglichkeiten des Grundes der Erscheinung anführen, wenn die Erscheinungen selbst auf mehrere Möglichkeiten hindrängen. Man hätte erstens alle Erdbeben, wie sie auf der Oberfläche unseres Planeten auftreten, strenge unter einander vergleichen und nach Merkmalen suchen sollen, wodurch sich das eine von von dem Anderen unterschied. Wäre man hiebei daraufgekommen, dass bei dem einen Anzeichen des Einsturzes, bei dem anderen des Zerreissens der Erdrinde, bei einem dritten Spuren eines wirksamen Dampfes zu bemerken waren, dann stünde der Berechtigung, die Einsturz- oder Dampftheorie, oder die des Zerreissens der Erdrinde herbeizuziehen und gelten zu lassen, nichts im Wege. Ferner hätte man die gewöhnlichen Erdbeben mit den bei vulkanischen Ausbrüchen eintretenden vergleichen sollen und erst wenn sich ein Unterschied zwischen denen, welche bei vulkanischen Ausbrüchen und solchen, welche weit von allen Vulkanen vor sich gehen, also ein Unterschied in der Erscheinung selbst herausgestellt hätte, wären diese zwei Gattungen von Erschütterungen zwei verschiedenen Ursachen zuzuschreiben gewesen. Das hat man aber nicht gethan, sondern bloss, ohne auf die Beobachtung Rücksicht zu nehmen, sich mit der Frage begnügt, was Alles in der Natur überhaupt im Stande ist, Erschütterungen hervorzubringen, als ob es sich einzig und allein um die Erklärung der Erschütterungsform des Bodens gehandelt hätte. Eine gründliche Erdbeben-Theorie dagegen hat zu berücksichtigen und zu erklären:

1. Die Häufigkeit und Vertheilung nach Monaten,
2. die Periodicität der Paroxismen,
3. das Auftreten in der Nähe von Gebirgen,
4. die Form der Erschütterung,
5. die Dauer derselben,
6. die Zeit oder Epoche des Eintrittes.

Bei Berücksichtigung aller dieser Rubriken findet man, dass die nicht vulkanischen Erdbeben sowohl untereinander, wie auch mit jenen, welche bei vulkanischen Ausbrüchen auftreten, der äusseren Erscheinung nach vollkommen identisch sind, und dass sich daher gar kein Unterschied finden lässt zwischen den Details, in welchen das Erdbeben von Lissabon auftrat, und den Einzelnheiten, wie sie beim Erdbeben von Belluno beobachtet wurden, kein Unterschied zwischen den Erdbeben am Aetna und jenen, die fern von allen Vulkanen sich zeigen. Nach unserer gegenwärtigen Methode der Naturforschung, der „empirischen", die keine Schlüsse zieht, ohne in den Beobachtungen hinreichenden Grund dafür zu finden, sind wir sonach nicht berechtigt zu behaupten, es gebe verschiedene Ursachen der Erdbeben.

Ferner geht aus anderen Betrachtungen hervor, dass nur eine unterirdische Explosion solche Wirkungen und Nebenerscheinungen erzeugen kann, wie sie den Erdbeben eigen sind, und dass endlich in der That ein Zusammenhang zwischen den heftigsten Erdbeben und dem Mondlaufe stattfindet. Doch ist dieser Zusammenhang nicht so einfach und direct, wie sich ihn Perrey gedacht.

Nun schreiten wir auf Grund dieser Thatsachen zur Erklärung. Von der allgemeinen Geschichte der

Erde ausgehend, können wir zwei Annahmen mit Bestimmtheit hinstellen:

1. Dass die Erde durch Abkühlung in ihren jetzigen Zustand gelangt ist,
2. dass diese Abkühlung der Erdoberfläche in den ersten Zeiten, als die Rinde noch zart und in Bildung begriffen war, nicht gleichförmig vor sich gehen konnte.

Die Abkühlung der Himmelskörper ist verbunden mit Gasentwickelung. Wir überzeugen uns hievon durch die Beobachtung der Sonne, auf welcher täglich grossartige Ausbrüche von glühendem Wasserstoffgas stattfinden und jene rothen zungenförmigen Bildungen am Rande, die man Protuberanzen nennt, veranlassen. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass diese Eruptionen nur der Abkühlungsthätigkeit der Sonne, d. i. dem dabei stattfindenden chemischen Processe oder auch dem Drucke, der durch die abkühlende und sich dadurch zusammenziehende Masse entsteht und innere Gase zu entweichen zwingt, ihr Dasein verdanken. Auch die sichtbare Seite des Mondes ist voll von Spuren dieser Verbindung des Innern mit der Oberfläche. Dieser Himmelskörper besitzt eine zahllose Menge von Bildungen, die unseren Vulkanen vollständig ähnlich und analog sind. Nicht weniger als 50.000 kraterförmige Vertiefungen zeigen sich auf jenem Theil der Oberfläche, den wir von der Erde aus beobachten können. Hier lehrt nun die genaue teleskopische Untersuchung, dass diese Bildungen ursprünglich nichts anderes gewesen sein können, als das Resultat eines Processes, in welchem sich aus dem Innern des noch heissflüs-

sigen Körpers allmählig Gase entwickelten, die Oberfläche durchbohrten und dann Spuren dieses Durchbruches zurückgelassen haben. (Vgl. das Titelbild.)

Diese Gasentwicklungen müssen bei einem sich abkühlenden Himmelskörper desto stärker sein, je geringer der Druck war, der ihnen entgegenwirkte.

So wie sich nun dadurch die unzähligen Krater des Mondes erklären, dessen Atmosphärendruck in was immer für einem Stadium seiner Bildung geringer war, als jener der Erde, ebenso muss auch auf der Erdoberfläche in der Vorzeit, wo die Abkühlungsthätigkeit eine noch viel grössere und der Widerstand der erstarrten Rinde bedeutend geringer war, die Gasentwicklung lebhafter vor sich gegangen sein. Desshalb müssen auch alle Phänomene, welche wir aus diesem Naturprocess erklären, viel häufiger eingetreten sein, als in der Gegenwart, was in der That mit den Beobachtungen über die Zahl und Verbreitung der Vulkane und Erdbeben in verschiedenen Epochen stimmt.

Nun ging aber in der ersten Zeit die Abkühlung nicht gleichmässig vor sich, denn durch die Einwirkung des Mondes bildete die Erdoberfläche nicht eine ruhige glatte Krümmung sie war vielmehr durch die Anziehung desselben in Ebbe und Fluth bewegt, was eine gleichmässige Abkühlung verhinderte. Wir sind berechtigt, anzunehmen, dass auf der Erdoberfläche sich einzelne Bezirke und Gegenden früher abgekühlt haben, als andere. Schon am Monde finden wir eine solche Verschiedenheit bei der Betrachtung seiner Oberfläche. Es zeigen sich dort einzelne ausgedehnte verhältnissmässig auffallend ebene Bezirke, die sogenannten „Mare“, in welchen sich nur wenige Vulkane und Gebirgsketten

finden, während andere sehr häufig durchbrochen und voll von Vulkanen sind. Wenn auch bei der Erde der Abkühlungsprocess auf diese Weise vor sich gegangen ist, so mussten sich grosse Erstarrungsbezirke herausbilden, welche in aller Folgezeit von der innern heissen Masse nicht mehr so häufig durchbrochen werden konnten, als die übrigen Regionen, die viel später erst zur Bildung einer festen Rinde gelangten. Eine solche erste Abkühlungsfläche muss folgende Eigenschaften haben:

1. Ein tieferes Niveau wegen der grösseren Zusammenziehung bei der Abkühlung.

2. Eine grössere Glätte, indem mit der grösseren Zusammenziehung des Bodens eine Vermehrung der Widerstandskraft desselben gegen die von Innen ausgehende Störung seiner Gleichgewichtsoberfläche verbunden ist.

3. Muss die Erdrinde in solchen Gebieten eine grössere Dichte zeigen.

Das Alles finden wir nun nicht nur in den Marebezirken des Mondes, sondern auch auf der Erde in jenen Bezirken vereint, über welchen noch der letzte Rest der von der Oberfläche mehr und mehr verschwindenden Wassermasse lagert: im Meeresboden. Er ist die Fläche des tiefsten Niveau's, ist nicht in dem Masse zerrissen und durchfurcht von Gebirgen, wie das Festland und weist, wie Pendelmessungen gezeigt haben, die grösste Dichte auf. Wir können demnach füglich in der ersten Erstarrungskruste Hartboden und Weichboden unterscheiden. Zwischen diesen beiden Bodengattungen mussten offenbar in der späteren Folgezeit vielfache Spaltbildungen auftreten. Wir wissen ja aus

der Erfahrung, dass dort, wo zwei ungleich dichte Flächen abgekühlt oder erwärmt werden, ihre Zusammenziehung oder Ausdehnung auch ungleich ist. Die Zusammenziehung ist in Folge der zunehmenden Abkühlung auf der ganzen Erde verschieden vor sich gegangen, daher sich Spalten zwischen den ungleich dichten Flächen gebildet haben. Aus diesen trat dann die heisse Masse hervor und gab durch Hebung oder Durchbrechung der überlagernden sedimentären Schichten Anlass zur Bildung eines Gebirgsstockes.

Nach dieser Anschauung hätten wir uns die Erde als einen heissflüssigen Körper zu denken, der von einer dicken, äussererseits vielfach abgenagten, überschlammten und zerrissenen Kruste umhüllt ist. Die Continuität dieser letzteren muss demnach mehrfach durchbrochen erscheinen, und es werden sich durch die ganze Dicke derselben Becken und mannigfaltig verzweigte Canäle finden, welche zum Theile isolirt, zum Theile mit dem heissen Kerne wenigstens zeitweilig in Verbindung stehen.

Die Entstehung der Spalten und Canäle ist zum Theil auf die Abkühlung der Erdrinde zurückzuführen, zum Theil secundärer Art, indem ein so entstandener Hohlraum auch Senkungen der überlagernden Schichten herbeiführen kann.

Durch den fortdauernden mit Gasentwicklung verbundenen Abkühlungsprocess des Kernes und den Druck der überlagernden Kruste werden heisse Massen in die Canäle und Becken getrieben, deren explosive Thätigkeit in grösserer oder geringerer Nähe an der Erdoberfläche mehr oder minder heftige Erschütterungen

der oberen Schichten hervorbringt, oder wohl auch, wo die Explosionen durch Hinzutritt von Wasser verstärkt werden, dieselben durchbricht [2]).

Diese Wirkungen unterliegen im Allgemeinen jenen Schwankungen, welchen die Gasentwickelung, als ihre Ursache, unterworfen ist, und die sich auf die Schwankungen der Schwere und des Druckes von Aussen reduziren.

Der äussere Druck setzt sich zusammen aus

a) dem Drucke der Kruste in Folge ihrer fortschreitenden Abkühlung,

b) der Schwere der Erdschichten und der Atmosphäre.

Der erste Factor entzieht sich jeder Controle, kann jedoch, den soeben entwickelten Anschauungen consequent, nicht für die ganze Erdoberfläche als gleichmässig angenommen werden *). Die Schwere der erstarrten Kruste, wie auch jene der Atmosphäre, ist beständigen Schwankungen unterworfen, insoferne die Anziehungen von Sonne und Mond zu verschiedenen Zeiten ungleich darauf einwirken. Ausserdem erleidet der Atmosphärendruck insbesondere noch Aenderungen in Folge beständiger meteorologischer Gleichgewichtsstörungen an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche. Mit diesen Oscillationen sollen nach der hier dargelegten Theorie auch die Schwankungen in der Häufigkeit der Erdbeben und vulkanischen Ausbrüche im Allgemeinen correspondiren. Im Besonderen kann wohl die Festigkeit der Schichten, die Beschaffenheit des Communicationsweges und die grössere oder geringere Menge des dort befindlichen Wassers locale Störungen oder

*) Näheres darüber „Grundzüge" pag. 462.

Maskirungen dieses Parallelismus erzeugen, die jedoch bei der Discussion eines reichen statistischen Materiales sich eliminiren müssen. Da nun eine Verminderung des Druckes

1. durch Cyclonen und Stürme überhaupt,
2. durch die lunisolare Hochfluth

entsteht, so werden die Maxima dieser beiden Naturereignisse, von welchen das letzte einer Vorausbestimmung, das erste wenigstens einer Controle fähig ist, mit den Maximalwerthen der Erdbebenhäufigkeit zusammentreffen.

Was hier über den Druck vorgebracht wurde, dürfte das Missverständniss, als handle es sich hier um eine unterirdische, der Meeresfluthung analoge Lavawelle, unzweideutig ausschliessen. Die Erde ist nach unserer Theorie den kosmischen Anziehungen gegenüber gewissermassen als ein colossales Aneroid zu betrachten, dessen Empfindlichkeit für Druckdifferenzen sich durch Differenzen in den Gas-Emissionen äussert.

Entsprechend dem monatlichen Gange der theoretischen Hochfluthwerthe, sowohl was den vieljährigen Durchschnitt als auch die einzelnen Monate eines bestimmten Jahres betrifft, muss sich nach meiner Theorie, deren grosse Abweichungen von jener Perrey's im III. Abschnitte auseinandergesetzt werden, auch die beobachtete Häufigkeit und Stärke der Erdbeben in Vergangenheit und Zukunft gestalten.

Ferner localisirt diese Theorie die Gasemissionen vorzüglich auf alte Spaltengebiete; fordert, als letztes Glied der erzeugenden Ursachen einen verticalen von Innen nach Aussen dringenden Stoss, der den Boden in Schwingungen versetzt und sich mit wechselnder

Intensität (je nach der Höhe des Druckes) wiederholt, — in vollständiger Analogie mit dem Verlaufe der sichtbaren Eruptionen eines Vulcanes.

Diese Anschauung erklärt demnach:

1. Die monatliche Vertheilung der Erdbeben;
2. die Periodicität der Paroxismen;
3. das Auftreten der Erschütterungen in der Nähe von Gebirgen;
4. die Form der Bodenbewegung;
5. die Dauer und Abwickelung des Phänomens.

In wiefern diess den Thatsachen entspricht, ist von dem Verfasser an anderer Stelle wiederholt gezeigt worden und wird auch in Zukunft der unbefangenen Beobachtung nicht entgehen können.

Der grosse Vortheil, welcher dieser Theorie anderen gegenüber zu Gute kommt, liegt demnach in dem Umstande, dass sie die Zeit des Eintretens von Paroxismen als Probe ihrer Richtigkeit hinstellen kann und in diesem Sinne sind auch die theoretischen Voraussagungen der Erdbeben-Paroxismen aufzufassen. Es liegt ihnen kein anderes als nur ein wissenschaftliches Interesse zu Grunde. Mit der Phrase: „Wir lassen uns nicht bange machen“ wird sie aber sicherlich nicht widerlegt.

II.

Das Erdbeben von Belluno.

Am 29. Juni 1873 Morgens, ungefähr 5 Uhr, wurde Belluno von einem furchtbaren Erdbeben heimgesucht, wie es dort seit 400 Jahren nicht empfunden worden war. Aus den Nachrichten der Tagesblätter entnahm ich, dass der auf den ersten Stoss folgende Verlauf der Beben grosse Aehnlichkeit mit jenen Fällen habe, deren Studium mir bereits seit Beendigung meines zwischen 1869 und 1870 erschienenen Buches (Grundzüge zu einer Theorie der Erdbeben und Vulkanausbrüche, Graz Leykam-Josefsthal) besonders interessant schien. Ich begab mich daher, sobald es meine übrigen Arbeiten erlaubten, nach Belluno, um dort, sowie in der Umgebung, die einzelnen Erscheinungen genau zu beobachten. Mein erster Aufenthalt dauerte vier Tage, vom 20. bis 24. Juli, die ausschliesslich nur diesen Untersuchungen gewidmet waren.

Für den ersten Tag meines Aufenthaltes in Belluno lag es mir ob, mich sowohl über die topographische Ausdehnung der heftigsten Erschütterung in der Umgebung, als auch über den verschiedenen Grad der Wirkung innerhalb des Stadt-Rayons selbst zu instruiren.

In letzterer Beziehung wurde bereits allgemein ausgesprochen, dass alle auf lockerem Boden stehenden Baulichkeiten weniger beschädiget wurden, als Häuser mit festem Untergrunde. Doch drang sich mir auf meinem Streifzuge durch die Stadt gar bald die Ueberzeugung auf, dass sich die Sache nicht ganz so einfach verhalte. Nachdem ich mit möglichster Genauigkeit die verschiedenen Abstufungen der Verheerung in den Detailplan der Stadt eingetragen hatte, stellte sich mit grosser Bestimmtheit heraus, dass die von Nordost nach Südwest und von Nord nach Süd gerichteten Gassen, sowie die mit ihrem Längentracte in diesen Richtungen stehenden einzelnen Gebäude viel weniger gelitten hatten, als jene Bauten, welche sich in den Richtungen Nordwest nach Südost und Ost nach West ausdehnten oder aneinander reihten. So zeigt die Strasse nach Feltre (Nordwest nach Südost), ein Theil der Häuserreihen der Piazza Castello (Nordnordwest nach Südsüdost und Ost nach West), der Dom und die Präfectur (Ost nach West) die stärksten Verwüstungen, während die von Nord nach Süd laufende Strasse Lucano, das Tribunale und das in derselben Richtung sich ausdehnende Theater nur sehr wenige Beschädigungen aufweisen. Dieser Gegensatz ist selbst bei ganz benachbarten Gebäuden von nahezu gleichem Alter und analoger Bauart ersichtlich. So wurde z. B. die Kirche Madonna delle Grazie in der Nähe des Domes, deren Längentract wie die des Domes, von Ost nach West lief, ganz zerstört, während das wenige Schritte davon gleichfalls auf dem Domplatze, aber in der Richtung Nordsüd erbaute Baptisterium aus dem nämlichen Jahrhundert fast unverletzt blieb.

Dieser Umstand bewies mir sofort, dass Belluno nicht im Centrum des Erschütterungskreises, sondern demselben nur sehr nahe stand, und dass dieses entweder zwischen Nordwest und West oder zwischen Südost und Ost von der Stadt gesucht werden müsse. Die Entscheidung für eine oder die andere Annahme gab die östliche oder südöstliche Lage des Schuttes vor den beschädigten Häusern, wo er noch unberührt geblieben war, aus welcher hervorging, dass der Stoss von Ost oder Südost gekommen sein musste. Genaueres liess sich über diesen Punkt aus den in Belluno ersichtlichen Daten nicht mehr ermitteln [3]).

Am zweiten Tage begab ich mich nach dem östlich von Belluno an der nach Treviso führenden Bergspalte gelegenen Gemeindeverbande Alpago, welcher viele Dörfer in sich begreift, von denen Pieve, Chies, Puos, Farra und Tambre die grössten sind. Hier fand ich nun Puos und Farra, welche am tiefsten liegen, fast vollständig in Schutt, so dass sämmtliche Bewohner gezwungen sind, in Holzbaracken zu campiren Ein bestimmter Vorzug in der Zerstörungsrichtung war hier durchaus nicht zu beobachten, dagegen traten, in Farra wenigstens, Anzeichen einer rotatorischen Bewegung *(movimento vorticoso)*, wovon in Belluno nur schwache Spuren merklich waren, mit grosser Bestimmtheit auf. Noch berühmter als die beiden Obelisken von St. Stefano del Bosco in Calabrien, welche durch das Erdbeben von 1783 eine merkwürdige Drehung ihrer einzelnen Theile erfuhren, wird in dieser Beziehung der Obelisk auf dem Friedhofe von Farra werden, dessen sechs Bestandtheile nach ihrer gegenwärtigen Lage während des Erdbebens eine spiralförmige Bewegung

gemacht zu haben scheinen. (Siehe Tafel I.) Ich konnte mich nun durch aufmerksame Beachtung aller solchen Erscheinungen überzeugen, dass sie durch die rasche Aufeinanderfolge mehrerer heftiger Erschütterungen hervorgebracht wurden, von denen die einen aufstossend, die anderen wellenförmig (ruckweise) wirkten.

Da ich noch mehrere Beweise für diese Bewegungsart, welche für die Theorie der Erdbeben von höchster Wichtigkeit ist, an Ort und Stelle gesammelt, so ist diese bisher vielfach angezweifelte Erscheinung als Thatsache zu betrachten.

Es geht daraus hervor, dass Farra, nahe am nordöstlichen Ufer des Lago di St. Croce, dem Centrum des Erschütterungsgebietes noch näher lag, als Belluno, wofür denn auch die Heftigkeit des Phänomens selbst Zeugniss ablegt. Uebrigens wird hier von den Einwohnern einstimmig behauptet, dass die noch täglich fortdauernden unterirdischen Detonationen von einem Punkte am südöstlichen Ufer des See's von St. Croce auszugehen scheinen.

Diese Detonationen sind bald schwächer bald stärker und im letzten Falle stets mit einer Erschütterung des Bodens verbunden. Sie werden auch in grösseren Distanzen von Farra (Belluno, St. Croce, Fadalto) in der nämlichen relativen, aber in geringerer absoluter Stärke gefühlt. Ich habe mich sehr angelegentlich nach diesem Umstande erkundigt, sobald ich an irgend einem Orte die Stösse und Detonationen selbst wahrnahm, was im Ganzen allerdings nur viermal geschah. Eine Nacht verbrachte ich zu diesem Zwecke in einer der Holzbaracken zu Farra. Die Erschütterungen waren bis 3 Uhr Morgens nur schwach. Zu dieser Zeit begab ich mich

in's Freie, und zwar zu dem Glockenthurme, der sich merklich gegen Südost neigt und auch sonst einzelne interessante Details aufweist. Um 4 Uhr 12 Minuten, als ich letzteren in mein Notizbuch zeichnete, erfolgte eine heftige Detonation, die unmittelbar aus der Tiefe unter mir zu kommen schien und den Boden in so starke Bewegung brachte, dass ich rasch aus meiner sehr labilen Umgebung floh. Dieser Stoss, der, wie ich später erfuhr, im ganzen Bezirke, selbst in dem zwei Stunden südlich vom See gelegenen Fadalto gefühlt und allgemein als „stark" bezeichnet wurde, hatte jedoch keine weiteren Folgen. Ich kehrte daher wieder zum Glockenthurme zurück und setzte meine Arbeit fort. Um 4 Uhr 45 Minuten liess sich eine sehr schwache Detonation vernehmen, welche den Boden nicht mehr in Schwingungen versetzte und die ich nur allein vermöge meiner grossen Aufmerksamkeit gehört zu haben glaubte. Ich war daher sehr erstaunt, später nicht nur in Farra selbst, sondern auch in Fadalto über diesen Putsch genau dieselben Angaben, die ich hier verzeichnete, zu erhalten. Dieser Umstand ist äusserst wichtig, indem daraus hervorgeht, dass selbst die schwächsten Detonationen in grösseren Tiefen auftreten, als es der unmittelbaren Wahrnehmung zufolge scheinen will.

Unmittelbar nach dem Stosse vom 29. Juni zeigten sich im Bezirke von Alpago zahlreiche Risse und Spalten im Boden, die sich allmälig von selbst wieder schlossen. Einer der grössten zog genau von Nord-West nach Süd-Ost mitten durch den Friedhof von Farra. Es fehlte also auch hier nicht viel zur „Auferstehung der Todten" aus ihren Gräbern, von welcher uns gelegentlich des

Erdbebens beim Tode Christi die Bibel in ihrer bildlichen Darstellungsweise erzählt (Vgl. pag. 3).

Nachdem ich noch den in der Nähe des See's neu entstandenen Quellen meine Aufmerksamkeit zugewendet, fuhr ich über den See nach St. Croce und bestieg von dort aus den ungefähr 6000 Fuss über dem Spiegel des See's von St. Croce gelegenen Gipfel des Berges Faverghera, um die Höhe zu erforschen, bis zu welcher sich die Erschütterung vom 29. Juni erstreckte. Zugleich gewann ich dadurch einen Ueberblick über die ganze Umgebung, welche mir zum Verständniss der hier wirkenden Kräfte nothwendig schien.

Die Lage der Dörfer von Alpago und des See's von St. Croce ist, aus mittlerer Höhe gesehen, geradezu bezaubernd. Selten mag ein fauler, verderblicher Kern von einer gleissenderen Aussenseite bedeckt worden sein. Wie am Achensee öffnet sich auch hier der Thalkessel nach den drei Spitzen des See's und wir können bei Umkehrung von Nord in Süd und Ausserachtlassung der Höhendifferenzen an die Stelle von Rattenberg, Pertisau und der Scholastika: Belluno, Farra und St. Croce setzen, ohne sehr gegen die Topographie zu verstossen. Die Fahrstrasse von La Secca nach St. Croce führt ganz wie jene von Buchau nach der Scholastika, hart am Rande des See's und unmittelbar am Fusse eines schroffen Bergabhanges vorüber. Die Seite Farra bis St. Croce wird gleichfalls von einer steil bis zum Seeufer abfallenden Gebirgswand begrenzt, nur auf der dritten Seite Lasecca-Farra (Buchau-Pertisau) steigt das Terrain aus der kleinen, einstens gleichfalls vom See bedeckten, daher nun sumpfigen Ebene allmählig in die Höhe, nach welcher sich auch der Gemeinde-

bezirk Alpago ausdehnt, dessen Hauptort Pieve d'Alpago malerisch auf einer mit Wäldern und Wiesen bedeckten alten Schutt-Terrasse gelegen ist.

Die Bildung des See's von St. Croce und der von höheren Punkten der Faverghera aus zu überblickenden kleineren Seen Lago morto und Lago di Lago schreibt man einem heftigen Erdbeben im Jahre 365 nach Christus zu, das grosse Erdabrutschungen längs der ganzen Spalte zur Folge hatte. Dadurch soll der Piave, welcher damals in dieser Spalte floss, abgesperrt und zur Aenderung seines Laufes gezwungen worden sein. Diese Sage, von neueren Geologen vielfach bezweifelt, gewann für mich grosse Wahrscheinlichkeit, als ich von den Höhen der Faverghera aus das ganze Gebiet zu überblicken vermochte.

In der Nähe des Berggipfels fand ich eine Alpenhütte, deren Wände aus übereinander gelegten grossen Steinen ohne Verbindung aufgeführt waren. Hier traf ich nun zu meiner grössten Befriedigung starke Spuren der Erschütterung. Die östliche Wand zur Linken vom Eingange war derart eingestürzt, dass die Steine nach der Ostseite zu liegen kamen. Die Hütte war, wie aus den zerstreut herumliegenden Möbeln ersichtlich, unmittelbar nach dem Erdbeben verlassen worden. Dieser Umstand, sowie zahlreiche Felsenstücke mit ganz frischem Bruche bewiesen mir, dass die ganze Masse der Faverghera die Vibrationen mitmachte, woraus man wieder auf die Stärke der Erschütterung zu schliessen berechtigt ist.

Wenn ich nun alle Umstände, die ich hier und am vierten Tage wieder in Belluno grösstentheils aus eigener Anschauung ermitteln konnte, mit möglichster

Objectivität in Erwägung ziehe, gelange ich nothgedrungen zu dem Schlusse, dass die Ursache der ganzen Erdbebenreihe vom 29. Juni bis zum heutigen Tage (24. Juli) keineswegs in Einstürzen unterirdischer Massen, sondern in der Eruption eines unterirdischen, in grosser Tiefe befindlichen Vulkanes zu suchen sei, dem die Kräfte zu einem vollständigen Durchbruche schon seit vielen Jahrtausenden mangeln, der jedoch von Zeit zu Zeit durch kurze Eruptions-Perioden die über ihm liegenden Erdschichten erschüttert. Der erste Ausbruch hat das unterirdische Ventil vollständig geöffnet und desshalb verlaufen nun die Eruptionsphasen mit ihren Explosionen ohne weitere Gefahr. Man kann daher den baldigen Abschluss des Processes mit Sicherheit erwarten. Sollte auch wieder eine Zunahme in der Stärke und Häufigkeit der Stösse merklich werden, so kann der Paroxismus sich doch nicht mehr bis zur Heftigkeit des ersten Stosses steigern.

Wäre der erste Durchbruch um zwei Monate (zwei Fluthperioden) später erfolgt, so hätte die Erschütterung wahrscheinlich noch grössere Dimensionen angenommen. Doch bis zu diesem Zeitpunkte des höchsten Druckes von unten konnte der betreffende Theil der Erdkruste nicht mehr Widerstand leisten, der Angriff vom 25. Juni (theoretisch genommen) hatte bereits eine dem Maximum (21. September) nahe gleiche Kraft, und es lässt sich der Tag des Ausbruches (29. Juni) durch meine Theorie, welche auf der Annahme eines zum Theile noch heissflüssigen Erdinneren beruht, das bei seinen durch Sonne und Mond erzeugten Hochfluthen-Bestrebungen in die Spalten und Canäle der Erdkruste eindringt, sehr gut und ungezwungen erklären.

Es ist die Aufgabe der Wissenschaft, die Erscheinungen der Natur allseitig nach den verschiedensten Gesichtspunkten zu prüfen. Lange genug wurde das Phänomen der Erdbeben vom Standpunkte der Einsturz-Hypothese aufgefasst, ohne dass dafür irgend welche positive Beweisgründe gefunden werden konnten. Es dürfte nun endlich an der Zeit sein, auch die Fluth-Hypothese einer grösseren Aufmerksamkeit zu würdigen.

Vorstehendes wurde unmittelbar nach Schluss des viertägigen Aufenthaltes niedergeschrieben. Bevor ich von Belluno schied, veröffentlichte ich meine Anschauungen über die vorliegenden Thatsachen auf dringendes Ersuchen einiger hervorragender Persönlichkeiten in dem dort erscheinenden Journale „La Provincia“ in italienischer Sprache. Folgendes ist die deutsche Uebersetzung jenes Artikels:

Wenn heutzutage an irgend einem Orte der civilisirten Staaten grosse Erderschütterungen auftreten, wenn wissenschaftliche Commissionen von allen Seiten abgesandt und veranlasst werden, ihr Gutachten über das Phänomen abzugeben, so kann man von ihnen in der Regel ebenso viele und verschiedene Ansichten hören, als Commissionen vorhanden waren, ein Beweis, wie übel es bisher mit dem wissenschaftlichen Studium dieser furchtbarsten aller Naturerscheinungen bestellt war. Denn das wird doch kein vernünftiger Mensch glauben, dass jedes Erdbeben eine andere Ursache, oder dass ein bestimmtes Erdbeben gleichzeitig verschiedene Ursachen habe.

Wir besitzen kein anderes Mittel, die Ursache einer Naturerscheinung zu ergründen, als die sorgfältige

Beachtung aller Umstände, unter welchen sie aufzutreten pflegt. Da Erdbeben im Allgemeinen keineswegs eine seltene, sondern eine sehr häufig vorkommende Erscheinung sind, so kann es für den Fachmann keine Schwierigkeit haben, diese Umstände mit möglichster Genauigkeit zu ermitteln.

Ich werde hier kurz jene Punkte hervorheben, welche bei der Erdbebenreihe, die mit dem 29. Juni 1873 begann, besondere Beachtung verdienen.

1.

Der erste und wichtigste Umstand bei der Erforschung einer Naturerscheinung ist ihre räumliche Ausdehnung. Wir werden uns leichter vor gewissen Fehlschlüssen in Bezug auf das Wesen einer unbekannten Kraft sichern, wenn wir das Maximum der Ausdehnung kennen, welche dieselbe anzunehmen im Stande ist. Der Stoss vom 29. Juni Morgens circa 5 Uhr erstreckte sich über Nord- und Mittel-Italien, fast ganz Tirol, den südöstlichen Theil von Baiern, ferner über den Norden des Küstenlandes, den Westen von Kärnten, über Ober- und Nieder-Oesterreich *), und es scheinen seine Ausläufer noch in Galizien und Siebenbürgen (Klausenburg) wahrgenommen worden zu sein. Wir haben sonach eine grosse Undulation des Bodens vor uns, welche im Allgemeinen eine Fläche betraf, deren längste Achse von SW—NO läuft. Eine so ungeheure Erschütterung kann nur entweder durch den Fall einer ungeheuren Masse oder durch eine Explosion hervorgebracht werden.

*) Für Wien ist dies durch das Stehenbleiben von Pendeluhren in verschiedenen Theilen der Stadt genau zur Zeit der Erderschütterung constatirt.

Andererseits lehrt uns die Erfahrung, dass Erschütterungen von so grosser Ausdehnung auch bei verschiedenen anderen Erdbeben beobachtet worden sind, und dass demnach der Stoss vom 29. Juni keine Ausnahme für sich in Anspruch nimmt. So erstreckte sich zum z. B. das Erdbeben vom 8. Juli 1873, welches Valparaiso arg beschädigte, auf einen Flächenraum von 6000 deutschen Quadratmeilen.

Beachtet man die Hindernisse, welche der Fortpflanzung der Wellen auf solche Ausdehnung in der Erdrinde entgegenstehen, so gewinnt man den ersten Anhaltspunkt für die Beurtheilung der Kraft, die hier wirksam war.

2.

Mit der Ausdehnung eng verbunden ist die Stärke der Erschütterung. Es lässt sich ein gewisser Flächenraum bezeichnen, innerhalb welchem die Vibration am heftigsten auftrat; man nennt ihn das Erdbebencentrum. Je weiter man sich von diesem Centrum entfernt, desto schwächer findet man die Wirkung. Für unseren Fall geht aus meinen Untersuchungen mit Sicherheit hervor, dass dieses Centrum in der nächsten Umgebung des See's von Santa Croce gelegen sei.

Ich will hier nicht von den verheerenden Wirkungen der Erscheinung sprechen, welche einen grossen Theil der Stadt Belluno und viele Dörfer der Umgebung in einen Schutthaufen verwandelte und die dadurch einen Massstab für die in Rede stehende Kraft zu geben im Stande sind, sondern nur auf den einen Umstand hinweisen, dass selbst grosse Berge mit ihrer ganzen Masse die Schwingungen mitmachen mussten; ich fand nämlich auf der Höhe des Monte Faverghera

am Lago di Santa Croce, den ich eigens zum Zwecke dieser Untersuchung am 22. Juli bestieg, die Steinwand der vom Gipfel (bei 6000′) eine halbe Stunde entfernten Alpenhütte (Seeseite) eingestürzt und viele Steinblöcke mit frischem Bruche von den Wänden der Felsen losgerissen. Auch dieser Umstand beweist, dass die Kraft, welche solche Massen zum Schwingen brachte, eine ungeheure sein musste.

Dass mit dem Stosse von so enormer Tragweite, wie bei allen anderen Fällen, auch hier schwächere Stösse in den verschiedensten Abstufungen verbunden sind, die meist auf den stärksten Stoss folgen, gibt keine Veranlassung, diese letzteren einer wesentlich anderen Kraft zuzuschreiben, denn es lassen sich absolut keine Differenzen auffinden, die zu einer solchen Hypothese berechtigen würden.

3.

Aus der Combination der Ausdehnung mit der Stärke der Erschütterung lässt sich auf die Tiefe schliessen, in welcher die betreffende Kraft ihre Thätigkeit entfaltet. Selbst die grösste Kraft vermag keinen bedeutenden Erschütterungskreis zu erzeugen, wenn sie sehr nahe unter der Erdoberfläche wirksam wird. Anderseits leuchtet ein, dass die Stärke der Kraft eine desto grössere sein muss, je tiefer ihr Sitz ist, wenn die Wirkung sich mit solcher Gewalt bis zur Erdoberfläche verbreiten soll. Daraus geht hervor, dass der Stoss vom 29. Juni durch eine enorme Kraft erzeugt wurde, die in grosser Tiefe unter der Erdoberfläche zu suchen ist.

4.

Die Bewegungsweise der erschütterten Erdoberfläche ist nach der gewöhnlichen Eintheilung

entweder aufstossend, oder wellenförmig, oder drehend *(moto sussultorio, ondulatorio, vorticoso)*. Ich glaube jedoch, dass die beiden ersteren ausreichen, um die Erscheinungen, aus welchen man auf eine drehende Bewegung schliesst, — die übrigens vielfach geläugnet wurde — hervorzubringen. Ich habe eminente Spuren der drehenden Bewegung in Farra gefunden; doch diese sind vollständig erklärt, wenn man annimmt, dass rasch nach der aufstossenden Bewegung eine ruckweise (horizontale, wellenförmige) folgte, so dass sich die Schwingungen, welche aus der aufstossenden hervorgingen, mit jenen der horizontalen Bewegung combinirten. (Tafel I).)

5.

Von grösster Wichtigkeit für diese Untersuchung ist ferner die orographische und geologische Beschaffenheit des Erdbebencentrums; denn sie lehrt uns die Kräfte kennen, welche in der Vergangenheit und Gegenwart an diesem Punkte der Erdoberfläche wirksam waren. Der vorsichtige Forscher weiss beide wohl zu trennen; er weiss, dass die Bodenveränderungen der Gegenwart sich nicht auf grosse Tiefen erstrecken, und dass die grössten und auffallendsten Niveau-Differenzen (Massengebirge) von Kräften stammen, mit welchen sich sowohl bezüglich der Tiefe und Stärke, als auch der Dauer ihrer Wirkungen keine der unmittelbar an der Oberfläche wirkenden Kräfte vergleichen lässt.

Die ungeheuren Bergmassen in der Nähe von Belluno weisen darauf hin, dass gerade in diesen Regionen die gewaltigsten Kräfte, welche die Erde aufzuweisen

vermag, ihre Thätigkeit entfalteten. Im Erzgebirge, im Kaukasus, in den Pyrenäen, insbesondere aber in den geologisch jungen Ketten der Cordilleren und Anden, sowie auch an allen Orten, wo dereinst alte Vulkane wirksam waren, traten ebenfalls Erderschütterungen häufiger und heftiger auf, als in grossen Ebenen und an Orten, wo die Bodenbildung nur aus der Thätigkeit und den Niederschlägen des Wassers zu erklären ist. Gebirgsketten sind eben, wie ich dies bereits anderwärts eingehend nachgewiesen habe*), alte, vernarbte Wunden der Erdkruste, die in kritischen Momenten leichter unterirdisch durchbrochen werden, als die niemals durchbrochenen, ebenen Flächen der Rinde.

6.

Die Zeit, in welcher die Erderschütterung eintritt, wird der sorgfältige Forscher gleichfalls nicht ausser Acht lassen. Er wird aus möglichst vielen Beobachtungen untersuchen, ob die Erscheinung immer gleichmässig verläuft, oder ob sich zu gewissen Zeiten eine Verstärkung oder ein Abnehmen der unterirdischen Thätigkeit nachweisen lässt. Ein einzelner Fall ist hier nicht entscheidend. Wer aus möglichst vielen Fällen der Vergangenheit sich darüber ein Urtheil bildet, wird zu dem Resultate gelangen, dass für die Erdoberfläche, soweit sie der Forschung zugänglich ist, es gewisse Erdbeben-Paroxismen gibt, d. h. Epochen, in welchen Erdbeben gleichzeitig an verschiedenen Orten und heftiger als gewöhnlich auftreten. Die Ursache

*) Grundzüge zu einer Theorie der Erdbeben und Vulkanausbrüche, pag. 465.

dieser Paroxismen kann nur gefunden werden, wenn man dem allgemeinen Zustande der Natur zu diesen Zeiten genügende Beachtung schenkt.

Dies scheint nun eine ungemein grosse, die Kräfte des Menschen weit übersteigende Aufgabe zu sein. Mitten in der unendlichen Mannigfaltigkeit der Erscheinungen würde der Forscher an einer Lösung des Problems verzweifeln müssen, wenn ihm nicht gewisse leitende Ideen ein kritisches Verfahren an die Hand geben würden, durch welches er in den Stand gesetzt wird, die Naturvorgänge grösserer Tragweite von jenen mit geringerer Wirkung zu unterscheiden. Die mächtigste Kraft für uns ist offenbar diejenige, welche die ganze Erde zu bewegen vermag. Solche Kräfte besitzen alle Himmelskörper, deren Masse und Nähe an der Erde eine bestimmte Grösse erreicht. Sonne, Mond, Venus, Mars, Jupiter und Saturn bewegen die Erde, jedes nach seiner Masse und Nähe, bereits so stark, dass der Astronom den Effect zu messen vermag. Die beiden ersten jedoch wirken, die Sonne durch ihre Masse, der Mond durch seine Nähe, so bedeutend, dass die Wirkungen nicht bloss für den Astronomen, sondern für Jedermann ersichtlich sind. Die Kraft der Sonne zeigt sich auf doppelte Weise, erstens in der Bewegung der Gesammtmasse durch den Weltraum (jährlicher Umlauf der Erde), und zweitens in der Bewegung einzelner Theile der Erde gegen einander (Meeresfluth).

Die Kraft des Mondes ist nur nach der letzteren Wirkungsweise allgemein ersichtlich. Man beachte jedoch, dass auch diese zweite Erscheinungsweise der Stoff-Attraction sich nach gewissen Proportionen auf die ganze Masse und Tiefe, nicht bloss auf das

Wasser oder die Erdoberfläche erstreckt. Jede flüssige Masse der Erde, welche eine genügende Ausdehnung und Tiefe besitzt, muss eine Fluth und Ebbe haben. Es ist aber grosse Wahrscheinlichkeit vorhanden, dass auch das Innere der Erde sich noch theilweise in zähflüssigem Gluthzustande befinde*); folglich wird es auch ein Fluth-Bestreben des Erdinneren geben.

Dieses äussert sich durch eine Verminderung der Schwere aller flüssigen Theile, in Folge welcher jene Processe beschleuniget werden, die wir unter dem Namen Vulkanismus bezeichnen, und die in erster Linie nur als letzte Phase des Abkühlungs-Processes heissflüssiger Himmelskörper aufzufassen sind. Werden durch die Differenz der Schwere heisse Massen in die Spalten und Canäle der festen, mindestens 10 Meilen dicken Erdkruste getrieben und mit unterirdischen Wasserbecken in Berührung gebracht, so entstehen dadurch Explosionen und Eruptionen, die entweder bis an die Erdoberfläche gelangen, oder nur unterirdisch sich entwickeln. Im ersteren Falle entsteht ein Vulkan, im letzteren nur eine Erschütterung der Erdoberfläche. So wurde z. B. Pompeji im Jahre 63 nach Christi, als man noch keine Ahnung hatte, dass der Vesuv ein feuerspeiender Berg sei, durch ein starkes Erdbeben, d. h. nach meiner Theorie: durch einen unterirdischen Vesuv-Ausbruch theilweise zerstört und wieder aufgebaut, um 16 Jahre später durch eine bis an die Oberfläche gelangende Eruption, für welche die

*) Die Beweise dafür im IV. Abschnitte.

erstere den seit Jahrtausenden verstopften Weg wieder eröffnet hatte, vollständig verschüttet zu werden.

In Zeiten, die sehr weit hinter uns liegen, gab es, wie auf dem Monde, so auch auf der Erdoberfläche fast an allen Orten Vulkane, welche durch allmählige Schichtenüberlagerung zugedeckt und so tief eingebettet wurden, dass ein Durchbruch nur mehr an wenigen Punkten möglich ist. Aber in grossen Tiefen müssen sich jene vorhistorischen Eruptionen fortsetzen und sie gelangen als Erschütterungen der überlagernden Kruste zu unserer Wahrnehmung. Die genaue Vergleichung einer grossen Anzahl solcher Erschütterungen in allen Zonen der Erdoberfläche zeigt nun in der That, dass ganze Gruppen solcher Beben (jene Paroxismen, von welchen wir oben gesprochen haben), vorzugsweise zu jenen Zeiten eintreten, wo Sonne und Mond vereint und am stärksten wirken. Das Erdbeben tritt im Allgemeinen zur Zeit des Voll- oder Neumondes, oder etwas später ein, da das theoretische Maximum des Druckes in diese Phase fällt. Allein in Zeiten, wo die Fluth ausnahmsweise gross wird, kann die Erdrinde dem andringenden Drucke von unten nicht so lange widerstehen, bis der durch die Astronomie bestimmte Höhenpunkt der Kraft eintritt, sondern wird früher bersten und dadurch den andringenden Lavamassen den Weg öffnen, welche nun durch ihren unterirdischen Ausbruch den ersten Stoss verursachen. Ist diese erste Durchbrechung einer näher liegenden Schichte — welche stets die gewaltsamste ist, und welcher meist wenige Stunden ein schwacher, von dem Durchbruche einer tieferen Schichte stammender Stoss vorausgeht, — einmal vorüber, so können die folgenden unterirdischen

Eruptionen ohne weitere grosse Erschütterungen verlaufen; nur wenn die Fluth neuerdings eintritt (nach 14 Tagen oder einem Monate) wird wieder eine Zunahme in Stärke und Häufigkeit der Stösse merkbar werden.

So weit der, nach meiner Abreise von Belluno am 24. Juli veröffentlichte Artikel in der „Provincia".

Wie im Jahre 1855 im Visperthale (Canton Wallis), 1870 in Grossgerau (bei Darmstadt), so nahmen die Erdbeben 1873 zu Belluno genau diesen, durch meine Theorie schon im Jahre 1869 klargelegten Verlauf. Nach dem ersten Stosse vom 29. Juni, der die erwähnten Verheerungen zur Folge hatte, wiederholten sich täglich mehrmals schwächere Stösse und Knallputsche (boati), unterirdischen Kanonenschüssen vergleichbar,*) welche in den ersten Tagen fast alle 10 Minuten eintraten, dann immer seltener und schwächer wurden, am 27. Juli jedoch, und besonders am 8. August, genau, wie ich es am 24. Juli in Belluno und Longarone öffentlich vorausgesagt hatte[4]) wieder eine bedeutende Stärke erreichten, doch dem ersten Stosse keineswegs gleichkamen. Nun trat wieder Ruhe ein. Ich war inzwischen zu meinem Sommeraufenthalte nach Tirol zurückgekehrt, da dringende Arbeiten meine längere Anwesenheit in Belluno nicht gestatteten. Als ich jedoch aus dem Grade der Erschütterung vom 8. August erkannte, dass noch bedeutendes Eruptions-Material im unterirdischen Herde vorhanden sein müsse, und daher nach meiner Theorie selbst noch in der nächsten Fluthperiode ein bedeutender Stoss zu erwarten stünde, reiste ich — sobald es meine Arbeiten gestatteten — wieder nach Belluno.

*) Vgl. pag. 52 und 55.

Ich calculirte, dass in den Tagen um den 6. September dieser Stoss eintreten dürfte und theilte diese Ansicht einem Jugendfreunde, dem Hof- und Gerichts-Advocaten Dr. Karl von Tarnoczy in Wien, den ich zufällig in Cortina traf, mit, und wir machten nun zusammen den Weg nach Belluno, indem auch er einmal einen Erdstoss beobachten wollte. Doch v. Tarnoczy blieb nur bis zum 5., und ich, da der Stoss am 6. und 7. nicht eingetreten war, reiste gleichfalls am 8. von Belluno ab. Allein am 9. September um 5 Uhr Nachmittags wurde in Belluno und beinahe in der ganzen Provinz eine neue starke wellenförmige Erschütterung verspürt, und andere schwächere folgten nach um 7 Uhr 40 Min., 8 Uhr 10 Min. und 11 Uhr 15 Min.

Dieser unterirdische Eruptions-Process dauert eben fort, so lange, bis das sämmtliche durch die Hochfluth eingedrungene Material unter geringerem Drucke sich seiner Gase entledigt hat und der Canal wieder irgendwie geschlossen wird [5]).

Auf diesen Anschauungen fussend, welche durch eingehende Studien während meines zweimaligen Aufenthaltes im Erdbebengebiete für mich ihre volle Bestätigung erhielten, hatte ich, durch die Aufregung der Bevölkerung von Belluno veranlasst, bereits am 24. Juli für die Zukunft folgende Schlüsse veröffentlicht:

a) Erfolgen die Erdbeben durch unterirdische Masseneinstürze, so ist nicht vorauszusehen, wann diese enden werden, da ein Einsturz häufig noch grössere nach sich zieht und der Hohlraum der Erdoberfläche immer näher rücken muss. Solche Einstürze würden

also auch für die kommenden Jahre Alles fürchten lassen. Allein diese Theorie vermag weder die Stärke, noch die grosse Tiefe, noch die zweifache Bewegungsweise, noch das kosmisch periodische Auftreten dieser furchtbaren Erscheinung zu erklären.

b) Erfolgen die Erdbeben hingegen durch unterirdische Vulkan-Ausbrüche, so kann, da die Rinde in der grossen Tiefe, aus welcher die Erschütterungen kommen, einmal durchbrochen ist, ein so heftiger Stoss, wie jener vom 29. Juni, in der nächsten Zukunft nicht mehr erfolgen. Alle gegenwärtig noch fortdauernden Eruptionen verlaufen ohne Widerstand, und selbst wenn die Erschütterungen — wie die Theorie es verlangt — zu den Zeiten der Hochfluthen wieder etwas häufiger und stärker werden sollten, so ist damit durchaus keine Gefahr mehr verbunden. Am wenigsten kann aber von der Bildung eines neuen Vulkanes in jenen Gegenden die Rede sein, da die nöthigen Kräfte schon seit der Entstehung der benachbarten Berge nicht mehr vorhanden sind.

Ich habe mich seit Jahren mit diesen Phänomenen beschäftiget und das Studium derselben zu meiner Lebensaufgabe gemacht. Der Leser wird mir daher einiges Vertrauen schenken können, wenn ich behaupte, dass ich mich nicht zur — unserer Periode „exacter Naturforschung“ unwürdigen — Einsturz-Theorie, sondern zur zweiten Ansicht bekenne, die ich aus dem statistischen Studium einer grossen Anzahl von Erdbeben gewonnen habe.

Ein Recht, über meine Theorie ein absprechendes Urtheil zu fällen, kann ich daher nur Demjenigen einräumen, der nach ebenso eingehenden Studien

mit Thatsachen widerlegt, was ich mit Thatsachen bewiesen. Jedes Urtheil, das dieser Grundlage entbehrt, — mag es von wem immer kommen, — gehört in das Gebiet privater Aeusserungen, die mehr in dem individuellen Charakter und der momentanen Ideen-Strömung, als in sorgsamer Ueberlegung und dem Zu-Ende-Denken der kosmisch-physikalischen Processe begründet sind.

III.

Der Ausbruch des Aetna am 29. August 1874.

1.

Catania, 20. August 1874.

Als ich nach den ersten Nachrichten über die erneute Thätigkeit des Aetna und eine bevorstehende Eruption dieses gigantischen Altmeisters der Cyklopen, mich nach Catania begab, hatte ich mir zunächst das Studium der stufenweisen Entwicklung einer Eruptions-Erscheinung zum Vorwurfe genommen. Es schien dies aus zweifachem Gesichtspunkte rathsam: einmal weil die Thätigkeit der Natur in dieser Phase einem grösseren Kreise vollständig verborgen bleibt, sodann, weil nicht die Beobachtuug der Eruption, welche ja nur den Abschluss des vulkanischen Prozesses bildet, sondern das Studium der vorausgehenden Phänomene ein tieferes Verständniss dieser grossartigsten aller Naturerscheinungen zu erschliessen geeignet ist.

Sobald ich nun, dem reizendsten Gestade Siciliens entlang von Messina nach Catania eilend, gleichzeitig mit dem wunderbaren Taormina auch des Aetna ansichtig wurde, überzeugte ich mich auf den ersten Blick, dass für den erwähnten Zweck der Zeitpunkt kaum günstiger gewählt werden konnte.

Während die niedrigeren Marksteine der submarinen, von Nord nach Süd ziehenden vulkanischen Spalte Unter-Italiens: der Vesuv und die liparischen Insel-Vulkane, vor Allem Stromboli und Vulkano, durch bestände Rauchwolken über den Gipfeln eine ununterbrochene Verbindung mit ausgedehnten Feuerbecken verrathen, lässt sich der Aetna — dreimal den Vesuv und viermal den Stromboli an Höhe übertreffend*) — meist nur durch seine konische Gestalt und die weithin sichtbare Kraterform seines Gipfels als Esse erkennen. Gegenwärtig jedoch strömt in grösserer Menge, als ich am Vesuv und Stromboli bemerken konnte, Rauch aus seinem Innern.

Inwiefern dies die Andeutung einer nahe bevorstehenden Eruption sei, sollte mich die erste Besteigung des Gipfels lehren. Nach den verschiedenen Aufzeichnungen der Touristen in den Fremdenbüchern zu Catania und an den umliegenden Orten ist eine solche Besteigung während des grössten Theiles des Jahres mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden, und man begegnet fast ausnahmslos Klagen über das Misslingen derselben. Von Ende September bis Anfangs August bedecken dicke Schneemassen den über den breiten Aetnastock steil sich erhebenden centralen Eruptions-Kegel. Ja noch zwei Tage vor meiner Ankunft in Catania hatte sich gelegentlich eines Regens das greise Haupt desselben auf vierundzwanzig Stunden von neuem mit einer weissen Kappe überzogen. Da nun in der heissen Jahreszeit, während welcher der Gipfel schneefrei erscheint, keine

*) Im Mai 1872 wurde der höchste Gipfel des Vesuv = 3988 Par. Fuss gefunden. Die Höhe des Stromboli beträgt nach F. Hoffmann 2775 Fuss.

Fremden nach Catania kommen, so ist es begreiflich, dass eine vollständige Besteigung nur selten ausgeführt wird. Gelingt eine solche, so bietet der Anblick des ungeheuren, im Scheintode erstarrt liegenden Kraters und in günstiger Jahreszeit der Aufgang der Sonne, von 10,171 Fuss Höhe betrachtet, für die Mühe des Erklimmens vollen Ersatz. Doch nur wem die Liebe der Götter des Hades zu Theil geworden, ist das herrlichste Schauspiel vorbehalten: den Coloss zu verderblicher Thätigkeit erwachen zu sehen.

Am zweiten Tage nach meiner Ankunft in Catania wurde die Besteigung unternommen. Noch innerhalb der Stadt beginnt die Erhebung des Bodens, die — eine schmale Terrasse ausgenommen — ununterbrochen bis zum Aetna-Gipfel fortläuft. Zwischen fruchtbaren Feldern, auf denen vor Allem die indische Feige üppig gedeiht, führt uns ein kräftiges Gespann drei Stunden hindurch auf rauhem schattenlosem Wege im Sonnenbrande nach Nicolosi. Hier nehmen die zahllosen kleinen Kraterhügel, die den ganzen Aetna-Abhang ringsum bedecken, ihren Anfang. Sie waren es, die dem Centralkrater in seinen alten Tagen, nachdem er jene Höhe erreicht hatte, bis zu welcher die Lava nur schwer mehr emporzudringen vermag, das Eruptions-Geschäft erleichterten, indem sie ihm die Sorge abnahmen, seine Abhänge etwa alle zehn Jahre mit Lava zu überschwemmen. Ob die Seitenwandung des Aetnastockes den Druck der inneren Lavasäule nur bis zu einer gewissen Höhe zu ertragen vermag, oder ob Eigenthümlichkeiten im Baue des inneren Canalsystemes jene Seitenausbrüche bedingen, dies zu erörtern wird sich später Gelegenheit finden. Obgleich die Höhe dieser

Seitenkrater jene mässiger Hügel nicht übersteigt, so ist ihre Thätigkeit doch gefährlicher als die des Centralkraters selbst, der zu einer grossen Lava-Eruption nur mehr selten die nöthigen Kräfte aufzutreiben vermag.

So geschah im Jahre 1669 unmittelbar in der Nähe von Nicolosi ein Seitendurchbruch, 2380 Fuss über der Meeresfläche, aus dem sich ein ungeheures Quantum Lava ergoss, das seinen Weg in gerader Richtung gegen Catania nahm und nur durch das Vorhalten des Schleiers der heiligen Agathe hart am Rande der Stadt zu einer Ablenkung bewogen werden konnte. Jener Schleier kam im Jahre 253, bald nach der Verbrennung der schönen Cataneserin, in dieser Eigenschaft zum erstenmale in Verwendung und hat seither wiederholt seine Feuerfestigkeit bewährt, wenn der ungezügelte Aetna zur Stadt Catania, wie der römische Prätor Quintianus zur Jungfrau, in Liebe entbrannte. Doch scheint das Palladium bereits etwas defect geworden zu sein, da im ersterwähnten Jahre der abgelenkte Strom nichtsdestoweniger die Wohnstätten von 30.000 Menschen unter seinen Gluthen begrub. In den westlichen Ausläufen der Strassen von Catania kann man noch heute jene Lavamassen zu Tage treten sehen. Durch diese Eruption entstand der Zwillings-Vulkan des Monte Rossi, an dessen Fuss uns der Weg, nachdem wir in Nicolosi den Wagen mit dem Rücken der Maulthiere vertauscht, vorüberführte.

Wer nach der traditionellen Ueberlieferung, die den Aetna-Abhang in eine bebaute, eine waldige und eine kahle Region theilt, einen genussreichen Ritt durch die beiden ersten Zonen erwartet, wird sich sehr bald enttäuscht fühlen. Anmuthige Aecker und Gärten,

welche in einer Periode längerer Ruhe, vielleicht zwischen dem dreizehnten und fünfzehnten Jahrhunderte, hier gestanden haben mögen, sind nun von wüsten Steinfeldern verdrängt, zwischen welchen das Auge vergebens sich nach einem grünen Halme umsieht. Schattenlos zieht sich der Pfad auch durch den zweiten Gürtel, wo vereinzelt stehende Buchen und Kastanienbäume die einstige Waldregion vermuthen lassen. Wie man verschiedene Weinsorten durch die betreffende Jahreszahl zu bezeichnen pflegt, so sondern sich hier die Steinfelder nach den Jahreszahlen der Laven, und was noch einige Abwechslung in das trostlose Einerlei dieser Gefilde bringt, sind eben die kleinen Vulkane, denen man die Verheerung verdankt. Von ihnen ziehen sich, aus weiter Ferne erkennbar, schwarze Ströme von grosser Breite in mannigfacher Abzweigung zu Thal, die man für den Schatten mächtiger Wolken halten könnte, würde nicht der reine Himmel den Wanderer eines Anderen belehren. Ein halbverwestes Maulthier, das hart am Wege lag, vervollständigte mir das Bild des Wüstenrittes.

In der Casa del Bosco, die man nach zwei Stunden erreicht, 4360 Fuss über dem Meere, findet sich das letzte Trinkwasser.

Nachdem wir diese Waldhütte verlassen, war die Nacht bereits vollständig angebrochen. Da nach vier Tagen der Neumond eintrat, so hatten wir in völliger Dunkelheit den nun steiler werdenden Pfad, den die Maulthiere zuweilen unter ihren Füssen verloren, zu suchen, was indess bei der Gefahrlosigkeit der Partie nichts weiter bedeutet.

So geht es durch vier Stunden über Lavablöcke und Felsenpartien, bis endlich die Region des Lavaschuttes beginnt, wo sich der Boden etwas leichter betritt. Damit ist denn auch bald die Casa inglese, das von englischen Officieren erbaute Schutzhaus am Fusse des Centralkegels, erreicht. Hier werden die Maulthiere zurückgelassen, und nun beginnt die Wanderung zu Fuss — ein Stück Arbeit, mit dem die Ersteigung des Vesuv in keiner Hinsicht verglichen werden kann. Die Steilheit des Abhanges, welche von 33 zu 35 und endlich zu 39 Grad Neigung übergeht, vereinigt sich mit der Beweglichkeit des Bodenmaterials und der Gewalt des Sturmwindes, der hier nicht minder als auf den benachbarten äolischen Inseln seinen beständigen Sitz aufgeschlagen zu haben scheint, um den Sterblichen jeglichen Zugang zum Heiligthume des Hephaistos zu verwehren.

Wenn die Mythe vom Kampfe der Giganten mit den Göttern auf irgend einer reellen Basis beruht, so mag es wohl eine unter ähnlichen Umständen ausgeführte Höhenbesteigung sein. In Zwischenräumen von wenigen Secunden tanzen rasende Cyklonen, die, wie ich oben beobachten konnte, unmittelbar über dem thätigen Krater entstehen, den Abhang hinunter und treiben dem Ansteigenden feinen schwarzen Lavasand in das Gesicht, oder lösen wohl zuweilen auch einen Stein vom Boden, der in recht artigen Sprüngen vorbeisaust. Wo die Spuren der Fusstritte kaum eine Stunde lang sichtbar bleiben, wo Alles in beständiger Wandlung begriffen ist, da kann von einem Pfade selbstverständlich keine Rede sein. Inzwischen werden bereits unaufhörliche Detonationen vernommen, den Salven aus hundert

Gewehren vergleichbar.*) Hier befiel meinen Führer, der den Gipfel stets nur im Zustande der Ruhe bestiegen, ein panischer Schrecken, und er suchte mich durch die Lüge, es habe ihm der Krater einen kleinen Stein auf den Kopf geschleudert, zur Umkehr zu bewegen. Für mich war das Benehmen des Catanesen, der, so lange er auf dem Maulthiere sass, keinen braveren Mann kannte, als den Giuseppe Sedici, und nun, mit schlotternden Beinen unter beständigen Protesten sich vorwärts schiebend, am liebsten den Abhang wieder hinabgekollert wäre, von ungemein komischer Wirkung.

So langten wir nach fünf Viertelstunden endlich keuchend und mit ausgetrockneter Kehle um 2 Uhr Nachts am Rande des majestätischen Kraters an. Der Anblick, welcher sich hier darbot, war ein überwältigender.

Nahe der Mitte des schwarzen Schlundes, über dessen Grund sich — so viel die Nacht zu beurtheilen erlaubte — ein länglicher Schuttrücken erhob, hatte sich ein kleiner Krater von etwa neun Fuss Durchmesser herausgearbeitet, der nun in Zwischenräumen von vier Sekunden mit grosser Regelmässigkeit feurige Schlacken und unzählige Sternchen in die Höhe schleuderte und bei jeder Explosion den ganzen Abgrund, sowie die hohen steilen Seitenwände des Hauptkraters mit magischem Halblichte übergoss. Wie wenn auf den Wogen des Meeres ein See-Ungeheuer, im Halbschlummer sich schaukelnd, aus weit geöffneten Nüstern den zischenden Strahl in lieblichem Spiele emporspritzt, so schien mir der Riese nach festem Schlummer die ersten Zeichen des Lebens zu geben — wofern das Kleine dem Grossen,

*) Vollkommen ähnlich den bei Erdbeben auftretenden Detonationen (Vgl. pag 42).

das Zarte dem Starken, das Wasser dem Feuer vergleichbar!

Mannichfaltig gestaltete Stücke rothglühender Lava tanzten wie die Tropfen einer Fontaine graziös bis zu einer Höhe von siebzig Fuss und fielen anfangs langsam, dann rascher und rascher wieder in den Schlund zurück. Der hier tobende Sturm vermochte wohl die jeden Auswurf begleitenden Detonationen, welche wir so deutlich am Abhange gehört, zu dämpfen, aber keine der Lavabomben über die Oeffnung des Kraters zu treiben. Es schien mir daher, als ob die gewaltige Bewegung der Luft, die uns stets, wohin wir uns auch begeben mochten, vom Krater wegdrängte, unmittelbar über dem heissen Herde entstünde und von dort radienförmig nach allen Seiten gegen den Kraterrand ströme. Dies wurde denn auch durch die Wahrnehmung bestätigt, dass jeder Explosion ein heftiger Windstoss folgte, der offenbar in der plötzlichen allseitigen Verdrängung der Luft aus dem Explosions-Centrum seine physikalische Erklärung findet.

2.

Catania, 24. August.

Das prächtige Schauspiel, das im Dunkel der Nacht die Krater-Explosionen und die mächtigen, majestätisch emporsteigenden Feuergarben boten, hielt meine Aufmerksamkeit lange gefesselt. Als nun der Führer sah, dass ich keine Miene machte, den Feuerherd zu verlassen, begann er mich zu interpelliren, was ich denn hier vorhabe, und mit der Finte, die Lava werde augenblicklich kommen, er, nicht ich, kenne den Aetna u. dgl., zum Rückwege zu bewegen. Erst nach einer halben Stunde, nachdem der Sturm

unausstehlich zu werden begann, gab ich nach, und wir stiegen langsam zur Casa inglese hinab, so dass die aufgehende Sonne uns noch auf dem Centralkegel traf. Der Sonnenaufgang selbst, sowie die Rundschau vom Aetna hat in dieser Jahreszeit nicht jenen Reiz, den man nach der Höhe des Standpunktes und seiner mannichfaltigen Umgebung erwarten könnte. Die Atmosphäre ist nicht rein genug, um Land und Meer von einander deutlich unterscheiden zu lassen.

Nachdem wir in der Casa uns durch ein Frühstück gestärkt, theilte ich dem Führer mit, dass ich nun allein wieder den Kegel besteigen werde. Er schüttelte ungläubig lächelnd den Kopf und gerieth in nicht geringes Erstaunen, als ich, den Bergstock ergreifend, Ernst machte und die mühsame Wanderung von Neuem begann, die nun im Tageslichte allerdings rascher auszuführen war.

Am Rande angekommen, konnte ich jetzt, von dem Drängen eines Führers nicht belästigt, den Bau des Kraters studiren Desto heftiger setzte mir der Sturm zu und brachte die Blätter des Notizbuches, in das ich eine Skizze zu zeichnen bemüht war, ohne Unterlass in Bewegung.

Die Form des Aetna-Kraters (Taf. II) ist gegenwärtig die eines von West nach Ost etwas in die Länge gezogenen Beckens, dessen Rand im Norden und noch mehr gegen Süden eingesunken erscheint. Von letzterer Seite geschieht die Besteigung. Man erblickt hier den Boden des Kraters in einer Tiefe von etwa vierzig Metern; demselben entlang und ihn in zwei Hälften trennend, zieht sich von Ost nach West ein steiler Schuttrücken, der bei der letzten Eruption (1869) aus einer Spalte aufgeworfen und später zum Theile eingestürzt zu sein

scheint. Auf dem Kamme dieses Rückens hatte sich, wie ich bereits in der Nacht beobachtet, ein secundärer Krater gebildet, dessen zunehmende Thätigkeit das Innere des Eruptions-Beckens allmählig umwandeln wird. Gegenwärtig befindet er sich noch im Stadium der Explosionen, die in kurzen Zwischenräumen von wenigen Secunden aufeinanderfolgen und durch das Platzen von Gasblasen an der Oberfläche der Lava hervorgebracht werden, während Rauch und Dampf continuirlich, also von den Explosionen unabhängig, aus dem Schlunde strömen. Diese von leuchtenden Auswürfen begleiteten Explosionen sind es, die durch Reflex an den Rauchwolken den von Catania aus über dem Gipfel sichtbaren Feuerschein erzeugen. Die Rauchwolken scheinen grösstentheils Wasserdampf zu führen, da ich durch dieselben keinerlei Belästigung erfuhr, obgleich sie mir vom Winde beständig entgegengetrieben wurden. Doch war, wenngleich schwach, auch Schwefelsäure merklich. Von Flammen kann keine Rede sein, auch Lava tritt gegenwärtig noch nicht zu Tage; wohl aber zeigen sich an zahlreichen Stellen sowohl an den inneren Wänden des grossen Beckens als auch auf dem Rande, wo ich stand, heisse Fumarolen, das ist Ausmündungen von kleinen Canälen, durch welche Dämpfe und Gase aus dem Boden aufsteigen. Ihnen verdanken die an verschiedenen Punkten, vorzüglich aber an der inneren Seite der östlichen Wand sichtbaren gelblichen Sublimations-Producte von Eisen-Chlorüre ihre Entstehung.

Nachdem ich alles Bemerkenswerthe verzeichnet und einen Aufriss des Ganzen angefertigt hatte, trat ich den Rückweg an, mit der Absicht, so bald als

möglich wieder zu kommen, um die inzwischen eingetretenen Veränderungen kennen zu lernen.

Dieser Vorsatz wurde acht Tage später (16. Aug.) ausgeführt. Was mir hier bereits während der Besteigung, noch drei Stunden vom Krater entfernt, auffiel, war das wiederholte Erscheinen von zahlreichen Funken über dem Kraterrande und der stärkere Feuerschein, woraus ich auf eine Zunahme der Thätigkeit innerhalb des Kraterbeckens seit meiner letzten Besteigung schloss. Um zwei Uhr Nachts auf dem Gipfel angelangt, konnte ich meine Vermuthung sofort bestätigt sehen. Der secundäre Krater warf nun bedeutend grössere Massen feuriger Schlacken aus und hatte sich dadurch inzwischen etwa um vier Meter höher aufgebaut, indem das ausgeworfene Material nun nicht mehr in den Schlund zurückfiel, sondern an der Aussenseite des secundären Kegels herabkollerte. So zeigte sich der schwarze Kegelmantel von zahlreichen leuchtenden Steinen bedeckt, die mit jedem Auswurfe sich vermehrten und in der Dunkelheit der Nacht einen unbeschreiblichen Anblick gewährten.

Da die Kälte einen längeren Aufenthalt auf dem Gipfel nicht gestattete, kehrte ich mit dem Führer zur Casa inglese zurück, um am Morgen allein wiederzukehren. Ich wollte den Aetna nicht verlassen, ohne in das Innere des Kraters hinabgestiegen zu sein, wo der griechische Philosoph Empedokles, dessen Observatorium heute noch in der Nähe der Casa inglese als „Torre del filosofo“ gezeigt wird, seinen Tod fand — gewiss nicht in Folge gemeiner Neugier, sondern in Erfüllung der Pflichten seines selbstgewählten Berufes.

Am Tage liess sich dies denn auch ohne weitere Gefahr ausführen. An der Südseite fällt die innere Wandung terassenförmig und weniger steil ab, auch ist der von feiner vulkanischer Asche gebildete Boden weich zu betreten. Noch flogen die ausgeworfenen Steine nicht über die Basis des secundären Kegels hinaus, man konnte sich also etwa bis auf hundert Schritte dem Explosionsherde nähern.

Hier zeigte sich nun, dass der centrale Schutthügel von dem übrigen Theile des Kraterbodens durch eine fünf Fuss hohe Wand getrennt war, die ringsum sehr steil verlief. Es hatte also eine Senkung des Bodens statt, die nach der Frische des Bruches, erst kürzlich eingetreten sein musste und auf einen nicht sehr fernen Einsturz des ganzen Kraterbodens schliessen lässt. Der äussere Aufbau des inneren secundären Kegels geschieht auf Kosten der Grundlagen des Hauptkraters; gleichzeitig nimmt auch der Druck der aufgeschütteten Massen auf ihre Unterlage zu, was endlich den Sturz dieser letzteren herbeiführen muss. Möglich, dass er inzwischen bereits erfolgt ist, denn seit einigen Tagen hat sowohl der Feuerschein über dem Gipfel als auch die Rauchmasse bedeutend zugenommen.

Wir müssen uns, dem Gesagten zufolge, den Aetnastock von der Basis bis zum Gipfel von einer Lavasäule durchzogen denken, die in beständiger Abkühlung und demnach in lebhafter Blasenbildung begriffen ist So entstehen die Explosionen an der Oberfläche, die mit der Sprengung der überlagernden festeren Masse verbunden sind. Dieser Vorgang bildet gewissermassen das Miniatur-Modell aller vulcanischen und plutonischen Processe und liefert sonach den Schlüssel zum Verständniss

derselben, ob sie sich nun in gewaltigen Eruptionen oder nur in Erschütterungen des Bodens äussern, bei welch letzteren die Explosionen und Eruptionen unterirdisch verlaufen.

Einerseits durch den Druck der vom Reservoir eindringenden lavabildenden Massen selbst, andererseits durch die Kraft der sich entwickelten Wasserdämpfe bedingt, ist die Höhe der Lavasäule, gleich der Quecksilbersäule eines Barometers, beständigen Schwankungen unterworfen. Dem entsprechend lässt sich die periodische Zu- und Abnahme der Thätigkeit des Vulkans sowohl im Allgemeinen als auch innerhalb einer Eruptions-Phase erklären. Bei einer grossen Ausdehnung des unterirdischen Beckens können auch Schwankungen des atmosphärischen Druckes, also meteorologische Vorgänge die Höhe der Lavasäule beeinflussen, und ich erlaube mir, auf diesen Umstand die Aufmerksamkeit der Naturforscher zu richten, da es durch die Beobachtung desselben vielleicht einst möglich werden dürfte, die Ausdehnung eines solchen Beckens zu bestimmen.

Wahrscheinlich bei allen grösseren Vulcanen, nachweisbar jedoch vorzüglich am Aetna, existiren ausser jenem mittleren Hauptcanal noch zahlreiche, manichfach verzweigte, doch mit ihm correspondirende Schlote, die an dem Seitenabhange des Aetnastockes ausmünden. Ein aufmerksames Studium der alten Lavaströme führt nun zur bemerkenswerthen Thatsache, dass die meisten Seiten-Eruptionen durch mehrere Oeffnungen sich Bahn brechen, die alle in einer geraden, von oben nach unten laufenden Linie liegen. Es waren dies gewissermassen die Luftlöcher, welche die unter der Oberfläche des Kegels zu Thal laufende Lava sich schuf, bis sie endlich

zur definitiven Ausbruchsstelle gelangte. Denkt man sich den Aetnastock weniger durch sanfte Hebung der horizontalen Schichten, als durch Ablagerung von Lavaströmen, zwischen Aufschüttung und Einsturz wechselnd, im Laufe vieler Jahrtausende entstanden, so gelangt man zu einer klaren und richtigen Anschauung über den inneren Bau desselben. Nicht ein einziger grosser Hohlraum ist es, über welchen der Aetna-Besteiger wandert, und wobei „der Boden unter den Füssen immer heisser und heisser wird", sondern ein ganzes System über einander liegender Mantelflächen von zunehmender Neigung, den verschiedenen Höhen des Vulcans in verschiedenen Jahrtausenden entsprechend. Diese Mantelflächen sind zum Theile durch Hohlräume und Gänge von einander geschieden, die unter verschiedenen Höhen in den Hauptschlund ausmünden. Wie nun in letzterem die Lava aufsteigt, so füllen sich, aus jenem gespeist, diese Zwischenräume von neuem und führen, ihrer Neigung gemäss, unter der Oberfläche der Seitenwandung des Vulkans Lava den Abhang hinab bis zu einem Punkte, wo diese, dem wachsenden Drucke nachgebend, sich öffnet und einem Seitenvulcan durch Aufschüttung das Dasein gibt. So sind die zahlreichen „Kinder des Aetna" entstanden.

Während eines solchen Seitenausbruches kann man die Richtung des unterirdischen Lavastromes durch die in einer Reihe zu Tage tretenden kleineren Eruptionsstellen verfolgen; oft auch legen sich später diese Canäle durch Einsturz bloss. Immer jedoch trifft die Verlängerung der Richtung nahe auf den Centralkrater, was die Verbindung mit dem Hauptschlote bekundet.

Gegenwärtig, wo eine Lavasäule den Vulkan nach seiner ganzen Höhe von unten nach oben durchzieht, dürfte die Speisung der Seitenschlote bereits begonnen haben, deren weiterer Verlauf sich bald durch unterirdische Getöse und Erderschütterungen fühlbar machen wird. Findet die Lava seitlich keinen Ausgang, dann muss endlich eine Eruption aus dem Hauptkrater erfolgen, die minder gefährlich, aber auch minder wahrscheinlich ist. Der letzte Seitendurchbruch hatte im Jahre 1865 durch den Monte Frumento auf der Nordostseite des Hauptkraters statt. Darauf erfolgte im Jahre 1869 ein Ausfluss von Lava aus dem Centralkegel in das Val del Bue, jenes ungeheure Senkungsgebiet, das vor Jahrtausenden den Mittelpunkt der vulkanischen Thätigkeit des Aetna bildete.

Wo der nächstbevorstehende Seitendurchbruch eintreten wird, lässt sich gegenwärtig nicht bestimmen. Noch ist das Terrain an den Flanken des mächtigen Vulkans und zu seinen Füssen in Ruhe. Monate können vergehen, bevor der Zustand des Feuerberges in eine neue Phase tritt.

Uebrigens nähern wir uns den Perioden der Hochfluthen vom 27. August, 26. September und 25. October, die nach meiner Ansicht auf die Schwankungen des inneren Lavameeres nicht ohne Einfluss sein werden

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die fortgesetzte Bewegung und Veränderung der Massen im Innern des gegenwärtigen Centralkegels die Grundfesten desselben mehr und mehr aushöhlt, demzufolge dereinst der Einsturz der höchsten Partien erfolgen muss. Dann dürfte das alte Gerüste des Aetna dem Somma-Becken des Vesuv ähnlich werden. Künftigen

Generationen bleibt es vorbehalten, einen neuen Kegel aus dessen Mittelpunkte sich unter ihren Augen erheben zu sehen.

3.

Randazzo, 30. August.

Ich hatte Ihnen vor einem Monate bei meiner Abreise gesagt, dass ich Ende August den Ausbruch des Aetna erwarte. In den Tagen des 27. August, 26. September und 25. October tritt die Hochfluth ein, von welcher ich einen Einfluss auf den inneren Stand der Lava nach meiner Theorie voraussetzte.

Nun verschwand am 23. der Rauch über dem Gipfel des Aetna vollständig. Ich hatte am 25. von Catania einen Ausflug nach Syrakus gemacht, den Gipfel jedoch nie aus dem Auge verloren. Als selbst am 27. noch kein Lebenszeichen des Vulkans sichtbar wurde, konnte ich bereits einen aussergewöhnlichen Vorgang im Inneren, eine unterirdische seitliche Ablenkung des aufsteigenden Lavastromes vermuthen. Hierzu gesellte sich noch das Vertrauen in die Richtigkeit meiner Theorie, die sich bereits in so vielen Fällen bewährt hatte. Ich verliess Syrakus am 27. und begab mich nach Catania, und am 28. von da nach Taormina, um der schwächeren Seite des Aetna, wo ich den Ausbruch wahrscheinlich fand, nahe zu sein. Müde vom mannichfaltigen Wechsel der Scenerien und von der Aufregung, in welche mich die unbeschreiblich schöne Lage, die vielfältigen historischen Erinnerungen des alten Tauromenium versetzten, ging ich früh zu Bette.

Der erste Schritt, den ich am folgenden Morgen (29. August) um 5½ Uhr aus dem Zimmer machte, liess mich sofort was inzwischen geschehen war überblicken. Der Vollmond hatte seine Schuldigkeit gethan: eine colossale schwarze Rauchsäule erhob sich unter dem Centralkegel, von der bisher über dem Hauptkrater sichtbaren Dampfwolke ebenso sehr durch ihre Ausdehnung und Farbe, als durch die Lebhaftigkeit ihres Auftriebes verschieden. **Die Eruption ist eingetreten** und, wie ich im letzten Briefe vorausgesagt, nicht durch den Hauptkrater, sondern am nördlichen Abhang des Berges vor sich gegangen. Durch die Hochfluth vom 27. August wurde ein gewaltiger Lavastrom aus der Tiefe gehoben, welcher durch einen der in den Centralschlot einmündenden Seitencanäle seinen Abfluss fand.

Rasch eilte ich nach Randazzo, einem Bergstädtchen am nördlichen Abhange des Aetnastockes, das nach meiner Vermuthung der Eruptionsstelle zunächst liegen musste.

Auf dem Wege dahin liess sich die allmälige grossartige Entwicklung des Phänomens vorzüglich beobachten. Um 6½ Uhr war die erste Rauchsäule bis auf einen feinen, kaum merklichen Faden wieder verschwunden, während der Hauptkrater seit vier Tagen zum ersten Male wieder eine grosse Thätigkeit verrieth, ein Beweis, dass nicht blos das Zurücksinken, sondern ein neuer Auftrieb der Lava den Seitendurchbruch verursachte. Eine Stunde später stieg neuerdings eine dichte Säule von Wasserdampf über der Eruptionsstelle auf, die sich in der Höhe zu einem schönen,

glänzendweissen Cumulus mit scharfer Begrenzung der Ränder ausbildete, während der Rauch über dem Gipfel verschwand.

Von da ab entstanden dem Abhange des Berges entlang dicht neben einander fortwährend neue verticale Säulen, in drei Stunden sieben an der Zahl, welche sich durch die Verschiedenheit ihres Farbentones leicht von einander unterscheiden liessen und eine von Südwest nach Nordost fortschreitende perlenschnurförmige Kraterbildung verriethen. Es ist dies die Folge jenes unterirdischen Lavaflusses, den ich Ihnen bereits im letzten Briefe theoretisch geschildert und der also auch bei dieser Eruption, wie bei so vielen vorausgehenden eintrat.

So bildete sich eine hohe, dichte Mauer von Rauch und Dampf, aus weissen, braunen und schwarzen Streifen zusammengesetzt, je nachdem ein Krater reinen Wasserdampf oder erdige Bestandtheile: Asche, Lapilli u. s. w. auswarf. Um 9 Uhr waren alle Säulen schwarzbraun.

Von Zeit zu Zeit liess ich den Wagen anhalten und man vernahm dann ein starkes anhaltendes Getöse wie von einem grossen unterirdischen Strome, das jedoch seinen Grund wahrscheinlich in den lebhaften Explosionen der ganzen Kraterreihe hatte.

In Linguaglossa und den benachbarten Orten erfuhr ich, dass der Ausbruch um 5 Uhr Morgens stattgefunden habe und von einem heftigen Erdbeben begleitet gewesen sei. Von Randazzo aus liess sich auch der Eruptionspunkt beiläufig bestimmen. Nach meiner Schätzung dürfte sich der Herd, von dem die Kraterreihe ausgegangen, in der Nähe des Monte

Grigio, 3800 Schritt nördlich unter dem Hauptkrater befinden. Die Lava floss 2600 Schritt lang, bis zum Monte Cacciatore (in der Richtung gegen Linguaglossa); ihr Weg war durch die erwähnte Säulenreihe bezeichnet. (Tafel III von a_1 bis c) Nachmittags war der Rauch von allen Kratern, a_1 und c ausgenommen, verschwunden.

Abends konnte man einen lebhaften Explosions-Prozess und den Auswurf feurigen Materials aus dem ersten Krater, sowie in vorgerückter Nachtstunde die Bildung neuer Eruptionspunkte gegen Westen als Fortsetzung der alten Reihe beobachten. (Taf. III von a_1 bis a_1). a_1 und a_3 warfen dann alternirend ihre Feuergarben in die Höhe.

In der Nacht vom 29. auf den 30. August um 11½ Uhr wurde ich durch ein heftiges Erdbeben buchstäblich aus dem Bette geschüttelt; verschiedene Stösse folgten bis zum Morgen. Ein schwacher Stoss trat noch um 7 Uhr 23 Minuten ein. Damit war die Abnahme der Eruption verbunden. Am 30. August Vormittags stellte auch der erste Krater seine Thätigkeit fast vollständig ein.

Morgen werde ich von Randazzo aus den Aetna besteigen und eine Annäherung an den Eruptionsherd versuchen.

4.

Taormina, 2. September.

So hatte endlich der erste Lava-Erguss stattgefunden. Man konnte dies aus der successiv in einer geraden Linie erfolgten Bildung der eruptiven Rauchsäulen schliessen; die Lava selbst jedoch wurde, wegen

der Höhe der Eruptionsstelle und der vorgelagerten Bergrücken, von Niemandem wahrgenommen.

Im Laufe des 30. August berieth ich mich mit verschiedenen Personen in Randazzo über die Möglichkeit und Richtung einer Excursion zur Ausbruchsstelle, konnte jedoch bei dem Widerspruche der darüber geäusserten Ansichten zu keinem Entschlusse kommen. Da von dieser Seite nie eine Besteigung des Aetna unternommen wird, kümmert sich auch Niemand um die Beschaffenheit des Terrains, so zwar, dass selbst über die Namen der hervorragendsten, deutlich sichtbaren Kraterhügel keine Aufklärung zu erhalten ist. Was der Eine Monte Nero nennt, heisst bei dem Andern Monte Frumento und umgekehrt. Dieser Uebelstand hat auch der berühmten Karte Sartorius' von Waltershausen, der sich unvergängliche Verdienste durch seine Arbeiten über den Aetna erworben, von Seite Gemellaro's und Grassi's den Vorwurf zugezogen, dass sie falsche Bezeichnungen enthalte. Ich musste schliesslich mich mit dem Versprechen meines Wirthes, mir bis Abends einen verlässlichen Führer zu verschaffen beruhigen.

Inzwischen hatten sämmtliche Krater ihre Thätigkeit eingestellt. Den ganzen Tag über war weder auf dem Gipfel, noch an den Stellen der Eruption auch nur ein Wölkchen zu sehen. Dafür traten bereits einzelne Erdbeben auf. Unter den fünf Stössen, die ich in zwölf Stunden notirte, waren zwei — um Ein Uhr zwanzig Minuten und um drei Uhr zehn Minuten — sehr stark. Ich schloss daraus auf eine Verwerfung und Verstopfung der Explosions-Oeffnungen und machte die Bewohner von Randazzo auf eine wahrscheinliche

Zunahme der Stösse in der Nacht aufmerksam. Doch schenkte man dem Fremdling — „Inglese“ ist der hier gangbare Ausdruck — wenig Glauben, da Randazzo noch nie von Erdbeben zu leiden hatte, wie denn auch niemals ein Lavastrom seinen Lauf bis zu diesem herrlich gelegenen, dem Aetna-Gipfel am meisten benachbarten Städtchen genommen. Man legte sich ruhig zu Bette.

Da wurde um eilf Uhr fünfzehn Minuten ein unheimliches, mächtiges Rauschen vernommen, dem unmittelbar ein furchtbarer Stoss folgte. Darauf war wieder alles ruhig. Nach zehn Minuten neues Geräusch und ein ebenso starker Stoss. Nach fünf Minuten dieselbe Erscheinung. Um eilf Uhr vierunddreissig Minuten ein vierter Stoss. Jetzt stürzte Alles aus den Häusern, zahlreiche Rufe um Hilfe wurden ausgestossen, das Geheul der Weiber und Wimmern der Kinder in den Gassen war herzzerreissend. „Madonna santissima! Misericordia!“ ertönte es aus tausend Kehlen.

Und nun folgte Stoss auf Stoss in Zwischenpausen von einer oder einer halben Minute.

Nach jeder Erschütterung warf sich die Menge kreischend auf die Erde; in grässlichem Wirrwar wurden Gebete angestimmt, Litaneien gesungen; doch der Aetna kannte kein Erbarmen: ohne Unterlass erschollen die unterirdischen Detonationen, Felsen zitterten, die Häuser schwankten, und bald lief auch die Nachricht eines Einsturzes durch die Stadt.

Ich hatte meine Wohnung verlassen und im Freien beim Scheine des Mondes die Aufzeichnungen fortgesetzt. Den Standpunkt in der Stadt durfte ich jedoch nicht aufgeben, da hier die Stösse am besten beobachtet,

classificirt und eingetragen werden konnten, während sie an benachbarten höheren Punkten — die Stadt liegt in einem Kessel unmittelbar am Fusse des Aetna — wo kein Gebäude stand, sich weniger gut sondiren liessen. Den Aetna-Gipfel und die Eruptionsstellen hatte ich hier zwar nicht vor Augen, doch wurden von Zeit zu Zeiten Boten auf einen höheren Punkt gesendet, mir zu berichten, ob sich Feuerschein zeige. Jedesmal erfolgte eine verneinende Antwort. Die Sicherheits-Ventile blieben verstopft, die Erderschütterungen mussten fortdauern.

Bis nach Mitternacht verzeichnete ich jeden Stoss (von 11h 53m bis 12h 33m ereigneten sich 27, also durchschnittlich in 10 Minuten 7 Stösse) später, als die Augen darunter litten, nur noch die stärksten, die ungefähr alle fünf Minuten eintraten.[6]) Die pittoreske Alpenlandschaft, welche im Mondlichte einen eigenthümlichen Reiz gewonnen; Schaaren von Frauen, die, in weisse Mäntel gehüllt, von Zeit zu Zeit an mir vorübereilten; der Litaneigesang, welcher endlich seine Melodie gefunden; die grausame finstere, doch majestätische Thätigkeit des Feuerberges: alles dies vereinigte sich zu einem Gesammtbilde, für welches keine Sprache der Welt den entsprechenden Ausdruck besitzt.

Gegen zwei Uhr Morgens liessen die Stösse nach; eine Stunde später trat Ruhe ein. Die Klagestimmen verhallten, in den Gassen vernahm man nur noch einzelne Schritte. Ob es die Wache war oder ein Räuber, der die verlassenen Wohnungen besuchte, konnte ich nicht unterscheiden. Auf den benachbarten Feldern beleuchtete der Mond die schlummernden Bewohner von Randazzo.

Ein schwaches Zittern des Bodens, der Aufschrei eines Kindes unterbrachen noch manchmal die feierliche Stille.

Dies war die Stunde, wo unserer Verabredung gemäss mein Führer und die Maulthiere kommen mussten, die mich zur Ausbruchsstelle befördern sollten. Ich hatte sie für zwei Tage gemiethet, um eine Nacht in der Nähe des Eruptionsherdes zubringen und den Lava-Erguss beobachten zu können. Sie erschienen pünktlich, doch bat mich der Maulthiertreiber, die Excursion auf Einen Tag zu beschränken, da seine Familie, durch die Erdbeben geängstigt, ihn beschworen habe, noch vor Einbruch der folgenden Nacht zurückzukehren. Ich musste mich fügen und konnte es um so leichter, als bei der eingetretenen Verstopfung der Feuer-Esse die nächtliche Tour zwecklos geworden war. Dagegen liess ich mir vom Führer das Versprechen geben, mich an die Eruptionsstelle zu geleiten und unter allen Umständen auszuharren, bis ich meine Beobachtungen vollendet.

Morgens um halb vier Uhr begann die Wanderung. Bis zu dem alten Eruptionskegel Santa Maria, in dessen Nähe sich Hütten von Schäfern und Köhlern befinden, war der Weg leidlich passirbar; von da an ging es mit zunehmender Steigung über die Lavaströme von 1624, wo die Maulthiere bereits eine saure Arbeit bekamen. Nach vier Stunden mühsamen Empordringens liess ich die Thiere unter der Obhut ihres Besitzers und trat mit dem Führer die Fusswanderung an. Die Schwierigkeiten dieser Tour zu schildern, wo man bei jedem Schritte Gefahr läuft, sich die Sohlen an den scharfen Rändern der Lavatrümmer zu zerschneiden,

erachte ich für überflüssig. Ueber Lavaströme wandelt man nicht auf Rosen, wohl aber buchstäblich auf Dornen. Erst als wir den Strom von 1809 erreichten, ging es besser. Diese Lava unterscheidet sich nämlich von ihren Schwestern auf sehr vortheilhafte Weise. Nicht in einzelne kleine Schollen zerfallen, sondern in rundlichen, grossen, röthlichbraunen Wülsten von bizarren Windungen, die meist innen ausgehöhlt sind, den Boden bedeckend, gleicht sie einem zusammenhängenden Broncegusse, über welchen man ohne Anstand hinwegschreitet. Fast möchte ich — wenn dies irgendwie denkbar wäre — glauben, sie sei unter Wasser erstarrt.

Um neun Uhr wurden wir zuerst des Ergusses vom 29. August ansichtig. Er bildete einen Fluss (sciarra viva) von kleinen zertrümmerten Schlacken, die sich durch ihre tiefe Schwärze und das geringe specifische Gewicht von den älteren Laven deutlich unterscheiden liessen. Ein zusammenhängender, in der Mitte des Stromes sich hinziehender bläulichgrauer Streifen bezeichnete die Stellen höherer Temperatur, während die Randpartieen bereits vollständig abgekühlt waren. Dies gilt nur von der Oberfläche, in grösserer Tiefe musste noch heisse Lava vorhanden sein, da den ganzen Strom entlang die Luft in lebhafter Vibration begriffen war. Um einen in's Auge gefassten Punkt zu erreichen, sah ich mich gezwungen, über den Strom hinwegzuschreiten, was ich eiligst und so ohne Gefahr ausführte. Ich nahm eine der bläulichen Schlacken in die Hand, hielt die Berührung aber eben nur so lange aus, als nothwendig war, um sie dem Führer, der sich in einiger Entfernung hielt, zuwerfen zu können.

Gleichzeitig mit der Lava hatten wir auch den Krater c erreicht, über welchem sich die unterste der Rauchsäulen erhob und der sich durch eine beständige Emission von weissem, dichtem Rauch auszeichnete, während die übrigen (den ersten der ganzen Reihe ausgenommen) acht Stunden nach dem Ausbruche keine Thätigkeit mehr verriethen. Er liegt unmittelbar am westlichen Fusse des Monte Nero, nahe dem Monte Palomba, 6860 Meter vom Centralkrater entfernt. Von ihm ist keine Lava ausgeflossen; seine Thätigkeit beschränkte sich auf Gas-Exhalationen und Aschenauswurf, in Folge dessen sich ein kleiner, drei Meter hoher Hügel von schmutzig-weisser Farbe bildete. Weisser Rauch strömte auch bei unserer Ankunft aus kleinen Oeffnungen auf dem Boden des Kraters, der demnach nichts Anderes als eine grosse Fumarole darstellt.

Von hier aus zog sich nun ein geradliniger Spalt gegen Südwest in die Höhe, aus dessen Erweiterungen die Lava geflossen war. Da man von dem Monte Palomba aus den Gang der Eruptionsstrasse nicht erblicken konnte, stieg ich, den Monte Pizzillo im Osten umgehend, höher über die Lava von 1809 und langte um zehn Uhr Vormittags bei der grotesken Gruppe der Due Pizzi, auch Gemelli oder Fratelli Pii genannt, an, zwei hart nebeneinanderstehenden, in Höhe und Umfang völlig gleichen, innen hohlen Lavathürmen, die, wie von Menschenhand aufgeführt, der Landschaft einen romantischen Charakter verleihen. Es ist nicht unmöglich, dass diese Bildungen, die sich übrigens in der Nähe noch dreimal wiederholen, grossen Bäumen ihr Dasein verdanken, welche von der rasch fliessenden Lava in der unteren Partie des Stammes überkleidet

und getödtet wurden. Durch die zerstörende Thätigkeit der Atmosphäre sind die Stämme verschwunden, und die Ueberkleidung ist — einem eisernen Panzer im historischen Museum gleich — ohne Inhalt auf die Nachwelt gekommen.

Dieser Standpunkt liess mich nun auch den Aetna-Gipfel wieder erblicken, dem eine ungeheure Rauchmasse entströmte, wie ich sie über ihm seit drei Wochen nicht bemerkte. Sofort zeigte sich auch der Monte Grigio (Tafel IV) am nördlichen Abhange, ein alter, mit grauem Sande überkleideter, ziemlich hoher Eruptionskegel. In seine Nähe glaubte ich bereits am Tage des Ausbruches jenen Krater versetzen zu müssen, dessen Eruptionen am Abende des 29. August den Bewohnern von Randazzo ein so herrliches Schauspiel boten. In der That bestätigte sich diese Muthmassung auf das genaueste. Ich fand den neuen Krater am südlichen Ende der Eruptionsspalte, 150 Schritte vom Monte Grigio entfernt, zwischen diesem und den Due Pizzi. Es ist ein frischer, regelmässiger Aufschüttungskegel, der sich innerhalb zweier Tage gebildet und eine Höhe von fünfzig Fuss erreicht hatte (Tafel V). Zwar strömte augenblicklich kein Rauch aus, doch war die Luft über ihm in gewaltigen Vibrationen begriffen, auch zitterte der Boden unter meinen Füssen beständig; ich verharrte daher respectvoll in meiner Position am nördlichen Pizzo, etwa achtzig Schritte vom neuen Krater, und zeichnete Alles, so gut es mir möglich war. Hart unter mir zog die vom neuen Kegel ausgehende Eruptionsspalte vorbei. Sie hatte eine Breite von drei Fuss; die Tiefe blieb mir unbekannt, da heisse Dünste, welche mir der Wind entgegentrieb, eine grössere

Annäherung als auf zehn Schritte nicht gestatteten. Dieser Spalte waren die Rauchsäulen entstiegen, deren Entwicklung ich auf dem Wege von Taormina nach Randazzo so deutlich beobachten konnte. Auch der Umstand, dass jene Reihe von Eruptionssäulen ungefähr in der Hälfte der Länge eine Unterbrechung zeigte, fand hier seine Erklärung. Die Spalte endet nämlich, gegen Nordost thalwärts laufend, bei einer dicht mit grossen, hoch aufgethürmten Lavamassen bedeckten Pläne, die der Eruption einen erfolgreichen Widerstand entgegensetzen konnte.*) Wo die Lavamassen enden, setzt sich der Aufbruch des Bodens etwas nach Ost abbiegend fort. Der Punkt des Wiederscheinens der Spalte charakterisirt sich durch zwei schwarze Flecke von sammtartigem Aussehen, welche von schmalen parallelen Rissen durchzogen werden. In letzteren zeigten sich weisse Sublimations-Producte. Die tiefschwarze Farbe der Flecke stammt von dem Wassergehalte der Dämpfe, welche den Sand angefeuchtet hatten, wie ich dies bereits früher bei der grossen Fumarole am nördlichen Ende der Spalte beobachtet hatte. Wenige Schritte unterhalb war die erste Lava ausgetreten in Form eines Tümpels, der sich später flussartig in zwei Arme spaltete, von denen der eine seine Richtung gegen den Monte Santa Maria, der andere gegen den Bosco di Collabasso nahm.

Bemerkenswerth ist der Umstand, dass der erste Durchbruch, den ich von Taormina aus beobachtete, nicht hier an dieser Spalte, sondern oberhalb des Monte

*) Dadurch erscheint die Eruptionsspalte wie durch eine Brücke getrennt.

Grigio in 2500 Meter Entfernung vom Hauptkrater stattgefunden. Da mir für den Besuch dieser nur eine Stunde lang thätigen Eruptionsstelle keine Zeit mehr zur Verfügung stand, wenn ich die Bitte des Maulthiertreibers berücksichtigen wollte, so kehrte ich hier um — zur grössten Freude meines Führers, der stets fürchtete, es könnte jeden Augenblick losgehen, in welchem Falle wir freilich verloren gewesen wären; denn über Lavaschollen ist an ein rasches Fliehen nicht zu denken, abgesehen davon, dass sich der Boden auch unter den Füssen öffnen kann, was uns jeder weiteren Sorge überhoben hätte.

Kurz vor dem Durchgange zwischen den Pizzi hatten wir einen bedeutenden Erdstoss gefühlt. Uebrigens war der Boden continuirlich in leisen Vibrationen begriffen, auch zeigten sich in Folge der vielen Erschütterungen zahlreiche Risse und Spalten, was den Aufenthalt in dieser so pittoresken Umgebung nicht sehr heimlich gestaltete.

Auf dem Rückwege durschritten wir das Lavafeld, welches die Eruptionsspalte in zwei Hälften sondert und gelangten nach einer Stunde zu den Maulthieren zurück. Hier störte uns wieder ein tüchtiger Ruck unter den Füssen beim Imbiss, ein anderer, nicht minder heftiger Stoss kam um zwei Uhr dreissig Minuten. Beide Stösse wurden gleichzeitig auch in Randazzo verspürt.

Gleich nach unserer Rückkunft, nach fünf Uhr Abends, begannen die Stösse zahlreicher zu werden. Die Bevölkerung hatte sich im Laufe des Tages Barraken gebaut und sah nun der Nacht mit grösserer Beruhigung entgegen.

5.

Messina, 5. September.

Bei unserer Ankunft in Randazzo, die sofort durch einen gewaltigen Erdstoss signalisirt wurde, trafen wir die Bevölkerung eifrig mit der Errichtung von Barraken beschäftiget, denn die Fortdauer der Erschütterungen war vorauszusehen: Vater Aetna zeigte sich den ganzen Tag über und auch bei Einbruch der Nacht finster und verschlossen! —

Doch diesmal begann die Kanonade früher. Während sich in den vorausgehenden Nächten die grösste Thätigkeit zwischen eilf und zwölf Uhr zeigte (auch der vereinzelte Stoss vom 30. August trat zu dieser Zeit ein), war nun die Erde schon zwischen acht und neun Uhr in furchtbaren Zuckungen begriffen. Nicht mehr einzelne Stösse waren es, die sich in Zwischenräumen von etwa zwanzig Secunden fühlbar machten, sondern bereits Gruppen zu Dreien und Vieren. So konnte ich von sechs Uhr Abends bis nach Mitternacht ihrer gegen 280 zählen. Die Bevölkerung verhielt sich heute ruhiger als gestern; an die Stelle ängstlicher Erregtheit war eine verzweiflungsvolle Resignation getreten. In den Gärten und vor Madonnenbildern tönten die heiligen Gesänge fort.

Um halb ein Uhr liessen die Erschütterungen auffallend nach und nur gegen Morgen wurden noch mehrere heftige Schläge vernommen. Man überliess sich am Tage dem Schlafe; alle Geschäfte stockten und ich musste — sollte ich hier nicht den Hungertod sterben — mein Bündel schnüren. Schon vorgestern war es schwierig, sich Nahrung zu schaffen, gestern konnte ich

nur mehr ein einziges Ei auftreiben. Ich ging nach Taormina zurück; von dort konnte man den Aetna seiner grössten Ausdehnung nach überwachen, ohne durch seine unheimliche Thätigkeit gestört zu werden. Ein häufiges leises Zittern des Bodens machte sich auch hier fühlbar, doch nur selten wurde ein ausgeprägter Stoss allgemein wahrgenommen.

Wenn ich nun alle Beobachtungen der letzten Tage zusammenfasse, gelange ich zu dem Ergebniss, dass mit dem Ausbruche vom 29. August die diesmalige Epoche der Thätigkeit des Feuerberges keineswegs abgeschlossen ist, sondern eine viel grössere, wahrscheinlich auch gefährlichere Eruption zu erwarten steht.*) Die Begründung liegt in Folgendem.

Der Eintritt der Erdstösse unmittelbar nach der Unterbrechung der Eruption deutet nicht nur unzweifelhaft auf den innigen Zusammenhang beider Erscheinungen, sondern lässt auch die Art des Zusammenhanges erkennen. Die Stösse gehen direct von der Lava aus, die den nördlichen Theil des Berges, wo die Eruption stattfand, durchzieht; sie werden nur in dieser Region, und zwar in dem Bogen, der sich von Bronte, über Randazzo nach Castiglione, Linguaglossa und Aci-Reale zieht, gefühlt; auf der Südseite, in Catania und der Umgebung, nimmt man nichts mehr davon wahr. Wie die Eruption und Dampfemission aus den neuen Kratern, verlaufen auch die Erschütterungen nicht gleichförmig, sondern zeigen Maxima der Thätigkeit, die ungefähr

*) Unter „Epoche“ verstehe ich beim Aetna den ganzen, Jahre umfassenden Zeitraum, vom ersten Erwachen bis zum völligen und bleibenden Verschwinden der Rauchsäule.

alle vierundzwanzig Stunden eintreten. Fast alle Stösse waren sussultorisch, von unten nach oben gerichtet, nur sehr wenige wellenförmig; letztere stets nur unmittelbar nach einer starken sussultorischen Erschütterung. Ohne zu gezwungenen Hypothesen unsere Zuflucht zu nehmen, lässt sich dies Alles erklären, wenn wir die an der Oberfläche an einem offenen Krater beobachtete Explosions-Thätigkeit der aufsteigenden Lavamasse unter die Erde versetzen, wo in verschiedenen alten oder neu geschaffenen Hohlräumen bei Verstopfung aller äusseren Oeffnungen derselbe Process zweifellos vor sich gehen muss. Denken wir uns einen thätigen Krater mit festem Materiale überdeckt, so erhalten wir genau alle Erscheinungen, welche den Erdbeben eigenthümlich sind. Nicht der einfache Druck der Lava oder der von ihr erzeugten Dämpfe, sondern nur ihre explosive Thätigkeit vermag solche Phänomene zu erzeugen. Hier bleibt der Wissenschaft in der Auslegung der Beobachtungen keine Wahl, wenn sie nicht die Gesammtheit der Erscheinungen aus dem Auge verlierend, sich mit der Erklärung einzelner Phänomene, die freilich auf verschiedene Weise hervorgebracht werden können, begnügen will. So liesse sich allerdings z. B. die mechanische Bewegung des Bodens als Folge von electrischen Entladungen, von Einstürzen oder zuckenden Bewegungen überhitzter Dämpfe auffassen, allein solche Annahmen werden unzureichend, ja unzulässig, wenn es sich darum handelt, die Summe aller Erscheinungen aus einem einfachen Principe ohne Widerspruch mit den Beobachtungen abzuleiten. Eine gesunde Hypothese darf nicht willkürlich zerreissen, was die Natur als ein Ganzes bietet.

Wir müssen demgemäss schliessen, dass die Lava nicht vollständig zurückgesunken, sondern noch immer das innere Spaltensystem des Berges ausfüllt, hier fortarbeitet und neue Wege zu bahnen bemüht ist. Auch der Umstand, dass der erste Ausbruch zur Zeit der Hochfluth erfolgte, darf nicht übersehen werden. Wir wollen nicht behaupten, dass die Hebung der Massen allein durch Anziehung von Sonne und Mond vor sich ging, sondern nur auf die Unterstützungen hinweisen, welche die Lava in ihrem Drange nach oben durch die Verminderung der Schwere zu den Zeiten der Hochfluthen findet Da die Hochfluthen am 25. September und 25. October wiederkehren, so lässt sich für jene Tage ein neuer Auftrieb der Lava und somit die Zunahme der vulkanischen Thätigkeit des Aetna, wie überhaupt der Erdbeben und vulkanischen Eruptionen auf der ganzen Erde erwarten[1]). Ob der grosse Durchbruch und mit ihm die Entleerung bereits zu dieser Zeit oder erst nach Monaten eintreten wird, hängt von der Beschaffenheit des festen Gerüstes ab. Höchst wahrscheinlich dürfte die Eruption dann tiefer auftreten, da durch den Druck und die Arbeit der Lava in den unteren Partieen des Berges das Materiale inzwischen gelockert wurde. Existirt, wie ich zu vermuthen geneigt bin, eine unterirdische Fortsetzung der von mir beobachteten Eruptionsspalte, so könnte beim nächsten Durchbruche die Lava leicht ihren Lauf durch dieselbe nehmen, und würde dann am Bosco di Callabasso in der Richtung gegen Mojo und Castiglione ausbrechen. Letztere Stadt, auf einem gegen den Aetna zu steil abfallenden

Gebirgsvorsprunge gelegen, ist durch diese Position jeder Gefahr entrückt. Nahe bei Mojo, bereits ganz in der Ebene, befindet sich der nördlichste aller alten Aetna-Vulkane, ein schöner regelmässiger Kegel von etwa zwanzig Meter Höhe, der gegenwärtig vollständig mit Weingärten bepflanzt, einen malerischen Anblick gewährt. Sein Wiedererwachen würde den Untergang zahlreicher blühender Fluren herbeiführen.

6.

Schloss Zinkendorf, 10. October.

Bevor ich fortfahre, sei mir hier ein kurzer Rückblick gestattet.

Professor v. Silvestri, der bekannte Aetna-Forscher in Catania, den ich bereits im August kennen und als einen ebenso tüchtigen Gelehrten wie liebenswürdigen Menschen achten gelernt, bedauerte bei unserem ersten Zusammentreffen meine weite, nach seiner Ansicht erfolglos unternommene Reise, da die Eruption wohl noch mehrere Monate, vielleicht Jahre auf sich warten lassen werde, wie dies vor dem Ausbruche von 1865 der Fall war. Ich antwortete, dass ich aus vielen Thatsachen die Ueberzeugung geschöpft, meiner Theorie, welche für Ende August eine Zunahme der vulkanischen Thätigkeit fordere, vertrauen zu dürfen, und dass ich jedenfalls die Hochfluth vom 27. August abwarten werde. Ein Gleiches sagte ich auch Herrn Dr. Heinrich Förster, einem Geologen aus Bremen, den ich in Catania traf. Nichtsdestoweniger begab sich Professor v. Silvestri am 24. August auf eine Reise nach Florenz, kam jedoch, als er in Italien den Ausbruch erfuhr, rasch zurück,

und erstieg von Randazzo aus den Aetna am 11. September. Er fand die schon von mir beschriebene Spalte 3 Kilometer lang und 20 Krater längs derselben entstanden (ich citire nach einem Telegramme im „Pungolo“ vom 14. September), wovon ihm der erste 25 Meter hoch schien; ich hatte ihn oben im vierten Briefe auf 50 Fuss geschätzt. v. Silvestri glaubt nach diesem Telegramme, dass für diesmals die Eruption beendet sei, und nur noch einige Erdbeben folgen werden.

Es wurde wiederholt mir gegenüber in Sicilien die Aeusserung gethan: Prof. v. Silvestri hätte von der bevorstehenden Eruption schwerlich eine Ahnung gehabt, da er kurz zuvor seinen Posten verlassen habe. Ich bin nun in der Lage, zu constatiren, dass gerade das Gegentheil der Fall ist, da die Ende Juli in der „Allgemeinen Zeitung“ erschienene Notiz, worauf sich meine Eingangsworte beziehen, wenigstens indirect von ihm selbst ausging. Die Notiz aber lautete:

„So stünden wir also am Vorabend einer neuen Eruption des Aetna. Seit Mai ist der höchste und grösste Vulkan Europa's (10.280 Fuss hoch auf einer Basis von zwanzig Meilen Umfang) in einer ungewohnten Phase der Thätigkeit, nachdem er während fast fünf Jahren — seit dem Ausbruch im September 1869, wo er das Valle del Bove aus dem centralen Krater mit einem Strome von Lava überschwemmte — der Ruhe gepflogen hatte. Schon haben sich Gerüchte über einen grossen Einbruch im Innern des Berges verbreitet, über die Bildung neuer Krater, über Feuer und Flammen, welche man zur Nachtzeit bemerkt haben will, über unterirdische Getöse, welche an vielen Stellen seines Perimeters gehört worden sein sollen, und die Phantasie

Einzelner brachte es so weit, dass man hie und da sogar schon von einer Eruption auf der Seite von Bronte munkelte. Prof. Silvestri, welchem wir viele und genaue Beobachtungen der vulkanischen Phänomene des Aetna verdanken, hat zwei Tage und zwei Nächte auf dem Gipfel des Kraters verbracht. Silvestri versichert, dass die gegenwärtigen Eruptions-Phänomene ganz besonders von beständigen Explosionen, von Wirbelwinden, Dämpfen und glühenden Materien repräsentirt werden, welche, nachdem sie die zum Ausbruche nothwendige Kraft verloren hatten, in den Krater zurückfielen und im Dunkel der Nacht seine inneren Wände mit vagen Feuerstreifen austapezieren. Alles deutet auf eine sehr grosse innere Thätigkeit des Vulkans hin, und wenn man nach den früheren Erfahrungen urtheilen kann, so prognosticirt Professor v. Silvestri einen nicht mehr fernen grossen Ausbruch des Aetna".

Wenn Prof. v. Silvestri dessenungeachtet durch die Eruption vom 29. August überrascht wurde, so liegt der Grund darin, dass meine Theorie, welche eben die Zunahme der vulkanischen Thätigkeit genauer zu signalisiren vermag, als irgend eine andere, noch nicht allen Geologen und Chemikern geläufig ist. Für die Wissenschaft erwächst daraus insofern ein Nachtheil, als jenen Forschern der Vortheil entgeht, rechtzeitig bei der Hand zu sein, wenn das berechnete Maximum der Fluth und mit ihm die erhöhte vulkanische Action eintritt. Ich habe meiner Theorie auch diesmal vertraut und sie hat mich nicht getäuscht. „Wer Ohren hat zu hören, der höre," könnte man auch hier ausrufen; doch mir ist es längst gleichgiltig geworden, ob sich Jemand die Mühe nimmt, meine Gedanken nachzudenken

oder nicht; — mir hat die Natur die Genugthuung gewährt, inmitten zahlreichen Widerspruches ein Gesetz fest begründet zu sehen, das weder Geringschätzung noch Missgunst aus den steinernen Tafeln des Kosmos zu tilgen vermögen. [8])

Am 6. September sollen, wie ich aus Zeitungen erfuhr, in Randazzo die Erdbeben nachgelassen haben, was den Bewohnern wieder den Muth gab, ihre verlassenen Wohnungen zu beziehen.

Bis zum 26. September waren die Ortschaften am Fusse des Aetna von keiner Erschütterung mehr heimgesucht worden. An diesem Tage jedoch trat plötzlich ein sehr heftiges Erdbeben ein, das „die früheren an Stärke übertraf. Mehrere Häuser der Stadt haben Sprünge bekommen. Die Unruhe ist sehr gross; der Aetna lässt sein Brausen vernehmen". („N. Fr. Pr." 30. September 1874.)

Um diese einfache Notiz in ihrer vollen Bedeutung zu würdigen, (Vgl. p. 77) müssen wir uns die Hochfluth-Perioden und ihren berechneten Werth für die letzten Monate gegenwärtig halten. Folgende Tabelle enthält diese Daten für das Jahr 1874:

3. Jänner	2,4	13. Juli	3,2
18. „	3,7	29. „	3,6
1. Februar	3,3	12. August	3,4
17. „	4,3	27. „	4,2
3. März	3,5	11. Septemb.	3,6
18 „	4,7	26. „	4,7
2. April	2,9	10. October	3,5
16. „	4,6	25. „	4,5
1. Mai	3,3	9. Novemb.	3,2

16. Mai . .	4,0	23. Novemb. . .	4,1
31. „ . .	3,1	9. Decemb. . .	3,0
14. Juni . .	3,7	23. „ . .	3,6
30. „ . .	3,1		

Nun sind seit Juni d. J. folgende Erdbeben zu meiner Kenntniss gelangt:

*14. 18. Juni Mitternacht starkes Erdbeben in Utah. N. 246.
26. „ 11h 30m* Abends Erdbeben in Konstantinopel. J. Z 1618.

*30. 27. Juni Erdbeben in Hongkong J. Z 1626.
26. Juli 5h 3m Morgens Erdstoss zu Adelsberg, Laas (5h 7m) Wien.
28. „ furchtbares Erdbeben in Tauris. J. Z. 1629.

*29. 3. August 7h 25m Abds. Erdstoss in Pfungstadt (Grossh. Hessen). J. Z. 1624.
10. „ 3h Morgens Erdbeben in den Diablerets (Schweiz). J. Z. 1625.
— „ 7h 15m Morg. Erdbeben in Laibach und Trata (Krain). J. Z. 1625.
— „ 10h 30m Abends Erdstoss in Lissa. J. Z. 1625.

*12. 17. „ Abends ein Erdstoss in Sucklaspore (Madras) N. 257.
18. „ Abends zwei Erdstösse in Konstantinopel. J. Z. 1626.
19. „ Ein stärkerer Stoss ebendaselbst. J. N. 1626.
20. „ Morgens ebendaselbst ein Stoss. J. Z. 1626.
25. „ Nachts mehrere stärkere Stösse zu Wladikawkas (Kaukasus). J Z. 1631.
26. „ 6h 15m Morgens furchtbares Erdbeben in Portorico. N. 253.

*27. 28. „ Nachmittags Erdstösse in Herzogenrath und Kerkrade. J. Z. 1627.
30. „ Nachts starke Erschütterung zu St. Oswald ob Eibiswald (Steiermark). N. P. 5. 9. 74.
31. „ 5h 25m Morgens Erdstösse zu Delhi. N. 257.

5. September zwei starke Erdstösse zu Pannesheide und Kohlscheid (Westphalen). J. Z. 1629.

— „ 11^h 5^m Morgens starker Erdstoss zu Wurm bei Herzogenrath. J. Z. 1629.

— „ 9^h 15^m Abends ein schwächerer ebendaselbst J. Z. 1629.

$*_{11}$. 11. „ 8^h (circa) Abends zwei Stösse zu Kraljevica (Kroatien). J. Z 1631.

13. „ 2^h (circa) Morgens eine Erschütterung im westlichen Odenwalde. J. Z. 1630.

25.? „ Zerstörung von Antigua (Guatemala) durch ein Erdbeben. N. 257. (Das New-Yorker Telegramm ist vom 27. September und gibt kein Datum des Ereignisses. Nach meiner Theorie kann dasselbe zwischen dem 24. und 26. stattgefunden haben. Das mittlere Datum wäre der 25).

$*_{26}$. 26. „ heftiges Erdbeben in Randazzo. N. 257.

7. October Morgens heftiges Erdbeben in Mitilene, Konstantinopel u. s. w. N. P. 10. 10 74.

$*_{10}$. — „ 5^h Abends leichtes Erdbeben in Florenz. D. Z. 9. 10. 71. Heftig in Marradi.

$*_{26}$. 29. „ Erdbeben in Oberitalien. N. f. P. 22/11. 74.

Aus der Vergleichung dieser Tage mit der obigen Fluth-Tabelle ersieht man, dass mit wenigen Ausnahmen alle Erschütterungen sich um die Hochfluth-Tage gruppiren. Man braucht nämlich nur diese 28 Beben in folgende übersichtliche Form zu bringen, die ich für solche Untersuchungen als die passendste betrachte, weil sie nicht nur auf den ersten Blick die hervorragendsten Epochen, sondern auch das Anschmiegen der einzelnen Erdbebentage an die Hochfluthtage am unbefangendsten beurtheilen lässt. In der ersten Rubrik sind die Hochfluthtage, in der zweiten die einzelnen Erdbeben so verzeichnet, dass

die betreffende Zahl mit ihrem Zeichen an den in der nämlichen Zeile stehenden Hochfluthtag angebracht, (also weggenommen oder hinzuaddirt, je nachdem — oder + vor der Ziffer steht) das Datum der Erschütterung gibt. ☉ = Voll-, ● = Neumond. Die dritte Rubrik zeigt, wie oft jede Ziffer vorkommt. Die vierte ihren Percentualsatz. Die stärksten Beben sind mit einem Sternchen bezeichnet.

Juni	● 14	+ 4*	0..2	8,7
	☉ 30	−4−3	1..3(4?)	13,0
Juli	☉ 29	−3−1*+5	2..5	21,7
Aug.	● 12	−2−2−2+5 (+6+7+8)	3..6	26,7
	☉ 27	−2−1*+1+3+4	4..3	13,0
Sept.	● 11	−6 (−6 6) +0+2	5..2	8,7
	☉ 26	? 1*+0*	6..1	4,3
Oct.	● 10	−3*−3	23	
	☉ 26	+3		

Hiebei ist zu beachten, dass bei ganzen Gruppen, wo täglich an einem bestimmten Orte Erschütterungen eintreten, nur entweder der erste oder der stärkste Stoss der zusammenhängenden Gruppe massgebend sein kann, die übrigen werden unter Klammer beigefügt. Man sieht hier auf den ersten Blick (aus der 4. Rubrik), dass die meisten Erdbeben innerhalb der 3 Tage vor oder nach der Hochfluth eintraten, und aus der 2. Rubrik, dass vom 12. August bis 11. September ein Maximum der Erschütterungen stattfand.

Es ist kein Zweifel — und der Verfasser ist davon mehr überzeugt, als vielleicht jeder seiner Kritiker — dass innerhalb des angeführten Zeitraumes

noch andere Erdbeben sich ereignet haben, die bisher nicht bekannt wurden, und dass diese möglicherweise auf ganz andere Tage fallen; allein sollte der Zufall immer so neckisch sein, wie es meine Gegner wollen, und nur stets solche Beben bekannt werden lassen, die mit meiner Theorie stimmen? Sollte es wieder der Kobold „Zufall" bewirken, dass von allen den 18 Erdbebentagen des Monates October 1869 gerade die Tage vom 1.—5. die meisten und heftigsten Erschütterungen aufweisen?

Seit 1868 war ich bemüht, emsig Alles zu sammeln, was Licht auf die Frage nach dem Ursprunge der Erdbeben zu werfen geeignet schien. Eine grosse Zahl von Erschütterungen nicht nur aus der Periode von da ab, sondern auch zwischen 1848 und 1868 wurde zusammengesucht und mit der Theorie verglichen. Aus dem Cataloge von Mallet wurde ferner durch Zählung der Erdbebentage von 800—1842 incl. nach Chr. die für die verschiedenen Monate des Jahres sich ergebenden absoluten Zahlen ermittelt. Durch diese Operation wollte ich den Einfluss des Mondes, soweit er von der Sonne unabhängig ist, eliminiren, um zu sehen, ob auch der von der Theorie geforderte Einfluss der Sonne und jener Einfluss des Mondes, welcher von der Entfernung der Sonne von der Erde abhängt, erkennbar wäre. In diesem Falle müssten die pag. 94 zu erläuternden Factoren e) und f) am 1. Januar, 21. März und 23. September, und, was den Mond betrifft, ein untergeordneter am 1. Juli eintretender Factor (wo caeteris paribus, der Mond der Erde näher steht als an irgend einem anderen Tage des ganzen Jahres) wirksam werden. Das Resultat war Folgendes: Von 5492 Erdbebentagen jenes Zeitraumes fallen auf den

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
583	496	451	455	427	377	388	424	403	517	465	506
	−87	−45	+4	−28	−50	+11	+36	−21	+114	−52	+41	+77

Diese Zahlen zeigen auf eine Weise, wie sie kaum schöner ad hoc fingirt werden könnte, das Wechselspiel oder die Resultirende dreier Curven, von denen die Ordinaten der ersten und stärksten nach der linearen Entfernung der Sonne von der Erde, der zweiten und schwächsten verkehrt nach dem Cubus dieser Entfernung und der dritten verkehrt nach der Winkeldistanz der Sonne vom Aequator, d. i. ihrer Declination, abnehmen, während die Abscissen gleichförmig mit der Zeit zunehmen. Die Deutung jener Zahlen ist daher folgende: Im Januar steht die Sonne der Erde am nächsten, im Juli am entferntesten, es müssen also, wenn kein anderer Factor als die Distanz der Sonne von der Erde wirksam wäre, im Januar am meisten, im Juli am wenigsten Erdbebentage sein. In der That sieht man von Januar bis Juli im Allgemeinen die Zahlen ab-, und von Juli bis Januar zunehmen. Doch wirkt diesem regelmässigen Gange erstens der Mond entgegen, welcher, caeteris paribus, desto näher an der Erde steht, je weiter die ihn von uns abziehende Sonne von der letzteren entfernt ist, demnach im Juli seine grösste Nähe und damit das Maximum seines Einflusses erreicht. So tritt uns für diesen Monat statt einer Abnahme, eine merkliche Zunahme der Erdbebentage entgegen, die noch im August wirksam bleibt und dadurch die Zunahme des Sonneneinflusses von August bis September maskirt. Zweitens muss, nach mechanischen Gesetzen,

auch die Aequatorialstellung der Sonne am 21. März und 23. September die Erdbebentage vermehren, (p. 95) wesshalb die Abnahme ihrer Zahl von März bis April am stärksten compensirt erscheint und sich in eine Zunahme verwandelt; am 23. September stimmt die Zunahme durch diesen Factor mit der Zunahme durch den ersten Factor (Sonnendistanz) überein, daher die starke Zahl im October, welche wieder die durch den ersten Factor geforderte Zunahme von October bis November maskirt. Mit dem November tritt der erste Factor wieder in ungestörter Wirksamkeit, die eben deshalb im Januar einen über das Mittel so bedeutend hinausgehenden Werth erreicht. Die Mittelzahl für jeden Monat ist 458, und das Maximum (583) steigt um 125 darüber, während das Minimum (377) wegen der angeführten mehrfachen Compensirung nur um 81 darunter sinkt.

Das Januar-Maximum sollte freilich, wie die Theorie besagt, kleiner sein, als jenes der beiden Aequinoctien. Allein die Zunahme seit November im gleichen Sinne und ohne Unterbrechung steigert es nothwendig, während das Frühlings-Aequinoxial-Maximum unter der Abnahme des Factors der Sonnennähe leidet. Das Maximum des Herbst-Aequinoctiums dagegen, welches von diesem Factor nicht gestört, sondern unterstützt wird, steigt auch in der That unten in der allgemeinen Percentualreihe c bis zu 9,42 Percent und erhebt sich in der Reihe b (1795—1842 incl.) sogar über das Januar-Maximum.

Sollte aber Jemand der Ansicht sein, dass dieser eigenthümliche Verlauf nur zufällig bei dieser Gesammt-

zahl stimme, so wollen wir wieder ein Experimentum crucis anstellen und von der Totalsumme nur die Hälfte nehmen, was uns auf das Jahr 1794 incl. führt, bis zu welchem die Erdbebentage die Zahl 2751 erreichen und dann die Vertheilung auf die Monate untersuchen. Es fallen auf den

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept	Oct.	Nov.	Dec.
324	248	215	220	215	213	198	195	207	234	223	259
−76	−33	+5	−5	−2	−15	−3	+12	+27	−11	+36	+65

Diese Curve unterscheidet sich von der vorigen nur darin, dass das Minimum durch den Mond weniger compensirt erscheint und daher auf den August fällt, worauf bereits der Gang der Differenzen vom April angefangen hinweist. Alles Uebrige: das Haupt-Maximum im Januar, zwei secundäre Maxima im April und October sind vollkommen dem vorigen analog. Ist dies wieder ein Zufall? Wer dies behauptet, dem mangelt die wichtigste Eigenschaft eines Forschers: der Wahrscheinlichkeitssinn, – keine Gabe des heil. Geistes, sondern eine simple, durch das Studium des Probabilitäts-Calcüles zu erlangende Facultät.

Bilden wir schliesslich die Percentualcurven, wobei die Reihe

a von 800—1794 nach Chr.
b „ 1795—1842 „
c „ 800—1842 „

gilt. Sie lauten:

	Jän.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
a	11,78	9,02	7,82	8,00	7,82	7,74	7,20	7,09	7,53	8,51	8,11	9,42
b	9,45	9,05	8,61	8,59	7,74	5,98	6,93	8,36	7,15	10,33	8,83	9,01
c	10,62	9,04	8,22	8,29	7,78	6,86	7,07	7,73	7,34	9,42	8,47	9,22

Diess ist also das Gesetz, nach welchem die Erdbeben auftreten, wenn der Mondeinfluss eliminirt wird.[9]) Das Maximum der Reihe b im October ist bereits oben erklärt worden. Es beweist, wie sehr Perrey Unrecht gethan, in seinen Untersuchungen den Aequatorstand unberücksichtiget zu lassen. Auch ist mir nicht bekannt, dass Jemand bereits vor mir auf diesen Umstand hingewiesen hätte.

Wir werden unten pag. 127 die definitive Ursache dieses eigenthümlichen Verhältnisses zwischen der Curve a und b näher zu erörtern Gelegenheit haben.

Daraus geht nun hervor, dass der Einfluss der Sonne auf die Häufigkeit der Erdbeben nicht durch calorische Wirkungen, sondern einzig und allein durch Attraction zu erklären ist, womit auch das über die Erschütterungen südlich vom Aequator erhaltene Resultat stimmt. Es sind deren freilich nur 120 im besagten Cataloge namhaft gemacht und es kann daher kein grosses Gewicht auf ihren monatlichen Gang gelegt werden.

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
12	9	4	11	8	9	7	6	7	13	23	11
−3	−5	+7	−3	+1	−2	−1	+1	+6	+10	−12	

Der Einfluss des Frühlings-Aequinoctiums tritt auch hier hervor, während jener des Herbst-Aequinoctiums, wie überhaupt die zweite, complicirte Hälfte der Curve, eine starke Verschiebung zeigt, wodurch denn auch das Maximum im November zum Vorschein kommt.

Dass sechs Wintermonate zusammen mehr Erdbeben aufweisen, als die sechs Sommermonate, wurde bereits im vorigen Jahrhunderte von Mairan gefunden und später durch Perrey's Untersuchungen bestätiget. Eine Zusammenstellung, wie die obige nach Erdbebentagen und für die einzelnen Monate, einen so grossen Zeitraum umfassend, wurde meines Wissens noch nicht versucht. Mallet hat im Anhange zum Cataloge Erdbeben nach Ländern zusammengestellt, wobei, wegen der geringeren Totalsummen, mein oben gefundenes Gesetz nicht ersichtlich wurde. Dieser Umstand übte auf die theoretischen Anschauungen des tüchtigen brittischen Gelehrten, dem die Erdbebenkunde, ebenso wie Hrn. Perrey, Vieles verdankt, einen eigenthümlichen Einfluss. Er betrachtet die Erdbeben als locale, von der Constitution des Erdkernes, den er als fest ansieht, unabhängige Erscheinungen. Sollte Mallet auch heute noch auf seinen Ansichten beharren, so ist vorauszusetzen, dass ihm viele der hier erwähnten Thatsachen unbekannt sind, wie es denn überhaupt im Geiste der brittischen Forschung liegt, sich von den continentalen Resultaten so viel als möglich unabhängig zu halten, was zwar die Sagacität der Nation stärken mag, aber ebenso wenig historische Gerechtigkeit als — Oeconomie mit der Zeit verräth, indem Mühe und Scharfsinn aufgewendet wird, um nicht nur oft schon längst

Gefundenes, sondern auch längst Beseitigtes wieder zu finden und aufzuwärmen. Höchst merkwürdig in einem Lande, wo mehr als anderswo der Grundsatz „Times is money“ zur Geltung kommt!

Was nun die vulkanischen Eruptionen betrifft, so habe ich eine ähnliche Untersuchung nahezu vollendet. Das Resultat weicht, so weit ich gegenwärtig stehe, ziemlich vom vorigen ab. Das Maximum fällt in den Mai. Wie die Eruptionen südlich vom Aequator verlaufen, kann ich noch nicht genügend feststellen.

Auch nach Kluge fällt das Maximum der Eruptionen für beide Halbkugeln auf das respective Sommer-Halbjahr, tritt also alternirend auf, woraus er, mit Vernachlässigung anderer Thatsachen, auf eine nur locale Ursache der Vulkane schloss.

Soll ich daraus mit Berücksichtigung noch anderer Thatsachen verschiedener Natur einen Schluss ziehen, so würde er dahin lauten müssen, dass hoher Wasserstand die vulkanische Thätigkeit vermehrt und dass man vielleicht der Wahrheit sehr nahe kommt mit folgender Definition [10]) des ganzen sismischen und vulkanischen Prozesses:

Gas- und Lava-Emissionen in Spalten der mindestens 10 Meilen dicken Kruste, hervorgerufen durch die Abkühlung des Erdkernes, periodisch beeinflusst durch die Anziehung von Sonne und Mond, und nach Massgabe der nach innen und aussen wachsenden Kruste tiefer rückend, erschüttern durch Explosionen und Durchbruch die überlagernden Schichten (**Erdbeben**) und werden, wo sich Wasser findet, derart verstärkt, dass

sie bis an die Oberfläche der Erde gelangen (**Vulkanausbrüche**).

Beachtet man ferner bei ganzen Reihen von Erdbeben, die an einem Orte plötzlich eintreten, den **Typus der Reihe**, d. h.

1. dass am ersten und zweiten Tage die Beben und Detonationen am häufigsten sind und dann immer seltener und schwächer werden, bis endlich Ruhe eintritt;

2. dass nach einer oder mehreren Fluthperioden neuerdings ein Erwachen, aber zu schwächerer Thätigkeit beobachtet wird,

so kann man hierin den vollkommensten Typus eines Vulkan-Ausbruches nicht verkennen, und es wird sonach in unserer Theorie ein solcher Verlauf als der allgemeine Typus eines Erdbeben-Prozesses aufzufassen sein, während ein einziger Stoss, wie er am öftesten erscheint, nur als das Maximum einer zu schwach oder zu tief verlaufenden Erschütterungsreihe betrachtet werden muss.

Weder die Spalten-, noch die Rutsch- oder Einsturz-Theorie vermag diesen Reihentypus zu erklären.

Dies ist, kurz ausgedrückt, meine nicht auf „Speculationen", sondern auf Beobachtungen und Rechnungen basirende Theorie, die Theorie der Ursachen des Vulkanismus überhaupt. Die Theorie der nächsten Ursache der Erdbeben wird im V. Abschnitte zur Erörterung kommen.

Ich habe das Recht, von einer „Theorie" zu sprechen, da nicht bloss ein mathematisch-mechanisch behandeltes Problem der Natur, sondern jede in's

Detail ausgearbeitete Hypothese diese Bezeichnung erhält, denn man spricht nicht nur von einer „Theorie der Bewegung der Himmelskörper", sondern auch von einer „Emanationstheorie des Lichtes". Und eine statistisch-physikalische Behandlung ist auch eine mathematische Behandlung. Die Deutung der obigen drei Curven ist sogar eine eminent mechanische.

Weitere Untersuchungen sind im Gange. Nicht als ob ich die bereits vorliegenden Resultate für eine unbefangene Beurtheilung als unzureichend erachtete, sondern weil es mich freut, wieder neue Gesichtspunkte aufzufinden, und ich die Frage erschöpfend behandeln will. Es gibt noch verschiedene Methoden, um den Einfluss des Mondes zu constatiren. Die Grundlagen bilden umfassende Zusammenstellungen von Erdbeben, wie sie z. B. Perrey mit so dankenswerther Mühe und Sorgfalt (leider aber nicht in der zur Discussion erforderlichen Ordnung) schon seit Decennien liefert. Perrey hat es selbst unternommen, seine Materialien für eine ähnliche Untersuchung auszuwerthen, ist aber — wie man aus Mallet und Klein *) ersehen kann

*) „A. Perrey hat vor längerer Zeit eine Zusammenstellung geliefert, aus welcher er folgert, dass der Mond, analog den Gezeiten, auch einen Einfluss auf die Häufigkeit der Erdbeben zeige. Es fallen nämlich auf die

Syzygien . . . . 1901 Erdbebentage
Quadraturen . . . 1753 „

Diese Zusammenstellung beweist aber kaum Dasjenige, was Perrey daraus folgert, denn der Unterschied beträgt nicht mehr als 4 Procent der Gesammtzahl, ist also viel zu gering, um mit Sicherheit ausgesprochen werden zu können." (Entwicklungsgeschichte des Kosmos. Von Dr. Hermann J. Klein, pag. 18.)

— nicht zum Ziele gekommen, so dass nach wie vor von diesen und anderen Autoritäten der Einfluss des Mondes auf diese Naturerscheinung angezweifelt werden konnte und durfte.

Es lässt sich jedoch leicht nachweisen, dass Perrey's Methode ungenügend war, indem sie, wie ich bereits an einem anderen Orte *) hervorgehoben habe, alle Syzigien als gleichwerthig betrachtet, die Perigäen von den Syzigien trennt, auf den wichtigen Einfluss der Aequatorial-Stellung des Mondes gar keine Rücksicht nimmt und endlich wegen Ausserachtlassung des Principes der „verspäteten Wirkung" und der „Anticipation des Effectes" den Quadraturen zuweist, was im ersten Falle den schwachen, im zweiten Falle den aussergewöhnlich starken Syzigien gebührt. Betrachten wir uns dies genauer.

Dass alle Syzigien nicht gleichwerthig sind, kann man aus der oben gegebenen Tabelle für 1874 beurtheilen. Diese Verschiedenheit beruht eben auf dem verschiedenartigen Zusammentreffen aller Factoren, die auf die Erhöhung des Druckes der flüssigen Masse und auf die Verminderung der Schwere an der Oberfläche derselben einen Einfluss haben.

Es sind nach meiner Theorie deren sechs in drei Kategorien:

I. Uebereinstimmung und Contraposition von Mond und Sonne	in Rectascension	a
	in Declination	d
II. Erdnähe	des Mondes	b
	der Sonne	e

*) „Sirius" II. 174.

III. Aequatorstand . . . . { des Mondes . . . c
der Sonne . . . . f

Der Factor a umfasst Voll- und Neumond (die Syzigien); der Factor b tritt alle 27, der Factor c alle 14 Tage, d sehr unregelmässig, e regelmässig am 1. Januar, der Factor f am 21. März und 23. September ein.

Je nachdem einige, mehrere oder alle Factoren mit dem Tage des Voll- oder Neumondes zusammenfallen, erzeugen sie eine schwache, stärkere oder sehr starke Hochfluth. Dabei ist noch zu beachten, dass die Factoren b, d und e, auch einzeln für sich genommen, zu verschiedenen Zeiten einen verschiedenen Werth haben. Das wahre Resultat ihres Zusammenwirkens, d. h. die Höhe des inneren Druckes oder die Verminderung der Schwere kann daher nur durch Rechnung gefunden werden, was Perrey nicht berücksichtiget hat.

Durch das genaue Zusammentreffen von a und d entsteht eine Finsterniss und ist der nicht seltene Fall des Eintrittes einer heftigen Erderschütterung nahezu gleichzeitig mit einer Finsterniss nach unserer Theorie auf die Cooperation dieser beiden Factoren zurückzuführen (Vgl. Matth. XXVII, 45, 51 ff.)

Wenn man nun in der betreffenden Untersuchung nur die Factoren a und b beachtet, so kann das Resultat sich kaum für die Frage bejahend gestalten.

Ferner wird, wenn man die Perigäen von den Syzigien trennt und fragt, wie viele Erdbeben auf die Syzigien, wie viele auf die Quadraturen (erstes und letztes Viertel), und wie viele auf die Perigäen fallen — die Wirkung der starken Syzigien auf die schwachen

vertheilt, also abgeschwächt, und andererseits die der Quadraturen, da viele darunter mit einem Perigäum behaftet sind, ungebührlich verstärkt. Durch dieses Nivellement werden Berg und Thal der Curve einander genähert und die Unterschiede müssen sehr gering ausfallen.

Das Resultat der Untersuchung Perrey's war in der That auf diese Weise entstellt und darnach von den Gelehrten zu seinen Ungunsten gedeutet.

Sodann ist die Stellung des Mondes im Aequator so wichtig, dass sie für das Hauptmaximum der theoretischen Fluth im Laufe eines Jahres den Ausschlag geben kann, selbst wenn das grösste Perigäum auf einen anderen Tag fällt. So wäre z. B. im Jahre 1874 die grösste Mondnähe am 25. October und zwar zusammenfallend mit dem Vollmonde; dessenungeachtet gibt die Rechnung die grösste Fluth nicht an diesem Tage, sondern am 26. September, und zwar nur deshalb, weil am letzten Tage sich zu den Factoren des 25. October noch die Aequatorialstellung des Mondes gesellte. In Perrey's Untersuchung ist dieser Factor ganz vernachlässiget worden.

Was endlich die Retardation und Anticipation des Effectes betrifft, so geht ihre Bedeutung aus Folgendem hervor: Ueberall, wo in der Natur durch stufenweise Steigerung und Fall von Kräften, die dem früheren Gleichgewichte entgegenwirken, eine Summation der Materie erzielt wird, trifft das Maximum des Effectes nicht auf die höchste, sondern auf eine spätere, etwas niedrieger liegende Stufe der Kraft, weil die zur vorhandenen Summe durch die verringerte Kraft hinzutretende Vermehrung noch ausreicht, um den durch

das Gleichgewichtsbestreben eintretenden Defect zu maskiren. Speziell vom Standpunkte meiner Theorie ist jedoch ausserdem noch zu beachten, dass — wenn es sich um einen unterirdischen Durchbruch handelt — sehr häufig einer später eintretenden geringeren Fluth das gelingen kann, wass die vorausgehende stärkere nicht zu Stande brachte. Denn wenn wir z. B. uns nach Jahrtausenden den Aetna eingestürzt, eingebetet oder erloschen denken, so werden noch immer als Zeugen der einstigen Communication zahlreicher Canäle und Schlote vom flüssigen Erdinneren zu dem höher gelegenen Becken und von diesem wieder an die Erdoberfläche laufen. Die wiedererwachende vulkanische Kraft wird nun zwar den Weg durch diese mehr oder minder verworfenen und verschütteten Canäle suchen, ihn aber erst nach wiederholten Angriffen frei zu machen im Stande sein. Deshalb werden die aus den tiefsten unterirdischen Durchbrüchen entstehenden Erdbeben möglicherweise nicht am Syzigiumstage, wo die Fluth am grössten ist, sondern erst 1—3 Tage später, oft gar erst bei der nächsten Hochfluth, also 14 oder 29 Tage später wo der Widerstand durch wiederholte Angriffe (namentlich durch die grosse Kraft derselben am Tage der Hochfluth) schon sehr geschwächt ist, eintreten.

Je stärker aber das Maximum selbst ist, desto geringer muss die Verspätung des Durchbruches ausfallen, ja, wenn die Fluth-Ziffer eine besondere Höhe erreicht, sich sogar in eine Verfrühung verwandeln. Auf diesen Satz lege ich den grössten Werth. Ich muss jedoch gleich im Vorhinein bemerken, dass er nicht a priori aufgestellt, sondern erst, nachdem der Mond-

einfluss bereits im Allgemeinen festgestellt war, beim Detail-Studium aus den Thatsachen abstrahirt wurde. Anfangs machte mir die Erklärung dieser „Anticipation des Effectes“ Schwierigkeiten, als ich mir jedoch, Kraft und Widerstand durch Ziffern ausdrückend, den ganzen unterirdischen Eruptions-Prozess lebhaft vorstellte, da sah ich bald ein, dass das Gleichgewicht zwischen der angreifenden und widerstehenden Kraft bei sehr hohem Werthe der ersteren bereits einige Tage vor dem Maximum eintreten müsse, so dass, da dann der Druck noch fortwächst, der Durchbruch gleichfalls eine Verfrühung zeigen muss. Nach meinen Untersuchungen kann diese Verfrühung auf 5 Tage steigen, wofür ich das Erdbeben 13. August 1868 (Peru), *) vom 1. October 1869 (Manila), vom 12. October 1856 (Griechenland), 9. März 1861 (Simo-Insel bei Sumatra), 1. September 1869 (Batna in Algerien), 24. August 1851 (ganze Schweiz), 5. August 1850 (Weilbach a. M.), 9. November 1852 (Liverpool), 25. und 26. Juli 1855 (Frankreich und Wallis), 24. August 1855 (Wallis), 26. Jänner 1869 (Griechenland), aus vielen anderen

*) Für die schüchterne Andeutung des Erdbebens vom 13. August 1868, die an die Erwähnung der Meeresfluthen vom 7. Februar im „Sirius“ vom 1. März 1868 mit folgenden auch dort fettgedruckten Worten: **„Wir sagen hier ein ähnliches Ereigniss für den 19. August 1868 voraus** und werden seiner Zeit auch die Gründe veröffentlichen, die uns zu dieser Profezeiung berechtigen“, angeknüpft wurde, war das Princip der „Anticipation“ — weil mir damals noch unbekannt — nicht in Anwendung gebracht, wohl aber für die Voranzeige des Erdbebens vom 1. October 1869, da das theoretische Maximum des Druckes auf den 5. October fiel, welche Voraussetzung sich glänzend bewährte.

Thatsachen nur beispielsweise anführe. So kann es geschehen, dass die unterirdische Eruption am eigentlichen Hochfluthtage bereits vorüber ist und daher dieser Tag ohne Erdbeben bleibt.

Betrachten wir uns nun dem gegenüber die Untersuchungs-Methode von Perrey. Er theilte den synodischen Monat nach den zwei Syzigien und zwei Quadraturen in vier gleiche Theile, deren Mittelpunkte die Tage bilden, an denen die bezügliche Phase eintrat. So würde er für September 1852 z. B. folgendes Schema aufstellen:

12. 13. 14. 15. 16. 17.	18. 19. 20. 21. 22. 23.
●	☽

und das weitverbreitete Erdbeben in der Schweiz am 18. September dem ersten Viertel zutheilen, während es doch mit Berücksichtigung der Retardation nur dem schwachen Neumond vom 14. gebührt. Das Schema Perrey's für September und October 1869 würde lauten:

September							October						
25.	26.	27.	28.	29.	30.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
			☾							●			

und demnach das Erdbeben vom 1. October dem letzten Viertel, das vom 2. dem Neumond des 5. zufallen, während mit Berücksichtigung der Anticipation doch beide dieselbe Phase, nämlich den aussergewöhnlichen starken Neumond vom 5. zur Ursache haben.

Wenn ich nun in meiner Theorie zum Unterschiede von Perrey selbst ganz geringe theoretische Differenzen, wie z. B. das verschiedene Gewicht der Perigäen oder den Einfluss der Finsternisse berücksichtige (was mir, wenn ich mich recht erinnere, von Prof. Heiss als

kleinlich vorgeworfen wurde), so hat das seinen guten Grund. Zunächst sind die theoretischen Differenzen nicht immer so klein, als sie auf den ersten Blick scheinen. So ist z. B. die Fluth-Kraft des Mondes (was seine Entfernung von der Erde betrifft) caeteris paribus am 25. October 1874 nahezu 1,01mal grösser, als am 26. September, obgleich die Differenz in der Entfernung nur 180 geogr. Meilen beträgt. Was die Finsternisse betrifft, so verhält sich z. B. für den 26. September 1874 die Druckstärke bei Berücksichtigung der Finsterniss zu jener, welche man bei Vernachlässigung derselben erhalten könnte, angenähert wie 3511 zu 3495; allein hier wie auch bei den verschiedenen Werthen der Perigäen kommt noch etwas Anderes in Betracht, das die berechneten kleinen Differenzen in der Wirklichkeit bedeutend erhöht. Wenn wir z. B. die 180 Meil. Entfernungs-Differenz auch gleich Null setzen würden, und die Entfernung am 26. September (48.268 Meilen) auch für den 25. October beibehalten, so bleibt doch dieser Werth für volle 3½ Tage (von $23,_5$ bis $26,_0$) giltig, während er am 26. September ½ Tag lang wirkte. Nun kömmt es aber bei der Fluthfrage gerade auf die Dauer einer gewissen, wenn auch noch so kleinen Kraft an. Ein schwacher, aber anhaltender Wind kann eine sehr merkliche Erhöhung des Wasserstandes hervorbringen. Wenn eine Kraft andauernd im gleichen Sinne wirkt, so wird dadurch der Materie Zeit gelassen, sich nach den Anforderungen dieser Kraft zu bewegen. Dasselbe gilt nun auch bezüglich der Berücksichtigung der Finsternisse. Bedeckt der Mond die Sonne vollständig, so kann man die theoretische Fluthhöhe eines solchen Syzigiums zwar

gleich derjenigen setzen, welche entsteht, wenn beide Gestirne im Momente der Conjunction um 5 Grad von einander entfernt sind. Allein der nämliche theoretische Werth wird im ersteren Falle die ganze Zeit über vor und nach der Conjunction so lange in Wirksamkeit bleiben, als sich die gegenseitige Entfernung innerhalb 5 Grad hält, also so lange, als der Mond braucht, um 10 Grad mehr den Weg, den die Sonne während dieses Laufes vorwärts rückt — also im Mittel über 19 Stunden — zu durchlaufen, während im zweiten Falle die gleiche theoretische Kraft nur einen Moment lang wirkt. Der Effect muss offenbar sehr merklich verschieden sein. Sonach ist die Berücksichtigung der Finsternisse keineswegs illusorisch.

In der Erforschung der Natur genügt es nicht, stets nur die nackte Ziffer der Formel vor Augen zu haben, überall bedarf es noch eines wachsamen Auges für die Erfahrungs-Coefficienten, welche das starre, mechanisch berechnete Resultat nach der Materie biegen und schmiegen und ihm dadurch Wahrheit und Leben verleihen. Hier gilt der Grundsatz: Zeit ist Kraft, der sogar mit der theoretischen Mechanik innig verschmolzen ist, weshalb man, streng genommen, den besprochenen Coefficienten nicht einmal einen blossen Erfahrungs-Coefficienten nennen kann. Doch ist es bis jetzt nicht möglich, der Formel einen den Finsternissen Rechnung tragenden Factor, der zugleich auch die erwähnte Wirkung nach ihrem vollen Werthe wiedergäbe, einzuverleiben, weshalb die in der obigen Fluthtabelle enthaltenen Werthe nach dieser Richtung noch mangelhaft sind. In den „Grundzügen“ hatte ich für 1848 — 1869 Monatstabellen veröffentlicht, welche statt des

Resultates die dasselbe zusammensetzenden Factoren mit ihren verschiedenen Gewichten geben, wobei die Finsternisse markirt erscheinen und daher ihr Einfluss controlirt werden konnte. Beispielshalber sollen hier drei solche Tafeln Platz finden, wovon die erste das starke, mit einer Finsterniss verbundene Syzigium, die zweite das schwache Syzigium illustriren und die dritte zeigen soll, dass ich gezwungen war, nicht für die Mitte September (wie es Hr. C. W. Fuchs behauptet), sondern für den 1. October einen Erdbeben-Paroxismus vorauszusagen, da ja die Tabelle hierin keine Wahl lässt. Je nachdem nämlich alle, mehrere oder nur wenige — durch horizontale, rechts nach Buchstaben hinweisende Linien bezeichnete — Factoren an einem Tage zusammentreffen, ist der theoretische innere Druck sehr stark, schwächer oder sehr schwach. Daher genügt ein Blick auf die Tabelle, um aus der Ansammlung oder Zerstreuung der horizontalen Linien auf die grössere oder geringere Wahrscheinlichkeit des Eintretens bedeutender Erschütterungen schliessen zu können. Schwache Beben können und müssen nach der Difinition, die ich p. 91 gab, zu jeder Zeit eintreten. Es verräth daher stets eine unrichtige Auffassung unserer Theorie, wenn Jemand bei jedem schwächeren Erdbeben die Frage stellt: stimmt es oder stimmt es nicht? und aus der Antwort ein Argument für oder gegen dieselbe schöpfen zu müssen glaubt. Die Gesammtheit aller, an kritischen Tagen eingetretenen Erschütterungen, verglichen mit der Gesammtheit aller zu anderen Zeiten wahrgenommenen ist Ausschlag gebend. Doch werden allerdings in den meisten Fällen die stärksten Erdbeben

sich um die theoretisch bestimmten Tage, mit Vorbehalt der täglichen und periodischen Retardation oder Anticipation, gruppiren.

Die fettgedruckten Monatsdata sind Erdbebentage, die Buchstaben der letzten Columne haben die oben pag. 94 auseinandergesetzte Bedeutung.

Das Gewicht jedes einzelnen Factors wurde nach folgenden Formeln berechnet, wo p die Parallaxe des Mondes in Minuten und π die der Sonne in Secunden bezeichnet.

Das Gewicht von b = 13 (p − 59,2)
„ „ „ c = 4 (p − 53,8)

Die Gewichte der Factoren a und d setzen sich aus dem der Sonne und des Mondes zusammen, weshalb beide angegeben sind (zuerst jenes der Sonne, dann des Mondes), und zwar ist:

Das Gewicht der Sonne = 100 (π − 8,43)
„ „ des Mond. = 4 (p − 53,8)

Durch diese Formeln wurde für die Factoren a, b, c und d eine von 0 bis 30 gehende Scala erreicht, welche sogleich die Beurtheilung der relativen Kraft des betreffenden Factors insoferne ermöglichet, als in ihr die Abstufungen derselben im Allgemeinen deutlich dargestellt erscheinen.

Das genaue Zusammenfallen von a und d, d. h. eine **Finsterniss**, ist durch eine fette Schrift angedeutet.

● bezeichnet den Neumond, ○ den Vollmond und P das Perigäum. Der nördliche Stand von Sonne oder Mond ist durch +, der südliche durch − angedeutet und daher die Aequatorstellung (c) beim Uebergange von + in − zu suchen.

Tabelle für 1856 October.

141. Am 12. Erdbeben in der Schweiz und den angrenzenden Ländern. Am nämlichen Tage grosse Katastrophe in Malta, Creta, Rhodus bis nach Afrika.

Datum	Declination der Sonne	Parallaxe der Sonne	Declination des ☽	Stellung des ☽ zu ☉ und ♁	Parallaxe des ☽	Gewicht der Factoren
1	− 3° 20′		14° 10′			
2	3 44		18 55			
3	4 7		22 58			
4	4 30		26 5			
5	4 53		28 1			
6	5 16		28 35			
7	5 39		27 36			
8	6 2		25 3			
9	6 25		21 0			
10	6 48		15 38			
11	7 11	8″.60	9 15		60′.5	d (17 u. 27)
[141] 12	7 33		− 2 12		61.3	c (30)
13	7 56	8.60	+ 5 3	P ☌	61.4	b (29)
						a
						d (17 u 30
14	8 18		12 3			
15	8 40		18 19			
16	9 2		23 21			
17	9 24		26 48			
18	9 46		28 26			
19	10 8		28 17			
20	10 30		26 30			
21	10 51		29 25			
22	11 12		19 19			
2	11 33	8·62	14 31		54.6	d (19. u. 3
24	11 54		9 14			
25	12 15		+ 3 41		53·9	c (o)
26	12 36		− 1 57			
27	12 56		7 32			
28	13 16	8·63	12 52	●	54·1	a (20 u. 1)
						d (20 u. 1)
29	13 36		17 46			
30	13 56		22 2			
31	14 15		25 24			

Tabelle für 1848 Jänner.

Von diesem Monate ist keine grössere Katastrophe bekannt.

Datum	Declination der Sonne	Parallaxe der Sonne	Declination des ☽	Stellung des ☽ zu ☉ und ♁	Parallaxe des ☽	Gewicht der Factoren
1	−23° 3′		−12°25			f (30)
2	22 59		15 0			
3	22 53		16 58			
4	22 47		18 9			
5	22 41		18 26			
6	22 34	8″.72	17 44	●	57′.3	a (29 u. 14)
7	22 27		16 2			
8	22 19		13 24			
9	22 11		9 59			
10	22 2		5 59			
11	21 54		− 1 38		59.2	c (22)
12	21 44		+ 2 48			
13	21 34		7 6	P	59·2	b (o)
14	21 24		10 59			
15	21 14		14 15			
16	21 3		16 39			
17	20 51		18 4			
18	20 39		18 23			
19	20 27		17 38			
20	20 14	8·72	15 55	○	57.0	a (29 u. 13)
21	20 1		13 24			
22	19 48		10 17			
23	19 34		6 46			
24	19 20		+ 3 2		54·4	c (2)
25	19 6		− 0 45			
26	18 51		4 27			
27	18 36		7 58			
28	18 20		11 9			
29	18 5		13 55			
30	17 48		16 7			
31	17 32		17 37			

Tabelle für 1869 October.

Das stärkste Beben dieses Monates fiel auf den 1. October, um welches sich noch mehrere andere schwache an verschiedenen Punkten (wie oben erwähnt) gruppirten. In Manila trat die Katastrophe 2½ Stunden nach der Culmination des Mondes ein (um 11 Uhr 30 Min. Morg. Ortszeit), welche an jenem Tage im Zenithe von Manila stattfand.

Datum	Declination der Sonne	Parallaxe der Sonne	Declination des ☽	Stellung des ☽ zu ☉ und ☿	Parallaxe des ☽	Gewicht der Factoren
1	− 3°17′		+17°58′			
2	3 40		14 44			
3	4 3		10 29			
4	4 27	8″·58	5 30		61′·4	d (16 u. 30)
5	4 50		+ 0 7	P ●	61·4	b (29)
						a (16 u. 30)
						c (30)
						d (16 u. 30)
6	5 13		− 5 16			
7	5 36		10 16			
8	5 59		14 32			
9	6 22		17 49			
10	6 44		19 78			
11	7 7		20 54			
12	7 30		20 42			
13	7 52		19 28			
14	8 15		17 20			
15	8 37		14 29			
16	8 59	8·61	11 3		54·1	d (18 u. 1)
17	9 21		7 12			
18	9 43		− 3 5		54·0	c (1)
19	10 5		+ 1 8			
20	10 26	8·62	5 22	☽	54·2	a (19 u. 2
21	10 48		9 24		54·5	d (19 u. 3)
22	11 9		13 7			
23	11 30		16 19			
24	11 51		18 50			
25	12 12		20 29			
26	12 32		21 7			
27	12 53		20 38			
28	13 13		18 59			
29	13 33	8·64	16 12		59·3	d (21 u. 22)
30	13 53		12 24			
31	14 12		7 46			

Solcher Tabellen wurden in den „Grundzügen“ 179 berechnet.

So viel über den Unterschied meiner Untersuchungen von jenen Perrey's. Demgemäss gestaltete sich auch der Unterschied in unserer Theorie. Wir haben, wie aus Folgendem hervorgehen wird, überhaupt nur die Ueberzeugung vom Einflusse des Mondes auf die Erdbeben und vulkanischen Ausbrüche gemein. Und auch die erste Idee davon ist mir unabhängig von Perrey gekommen. Ich hatte mich bis zum 7. Februar 1868 gar nicht mit dem Studium der Erdbeben, wie überhaupt nicht mit der Geologie befasst, da die Astronomie meine Zeit vollständig in Anspruch nahm. Allein als mit den Hochfluthen des 7. Februar 1868 auch viele Erdbeben eintraten, wurde meine Aufmerksamkeit darauf gelenkt und der theoretische Zusammenhang beider sofort geahnt, was zu weiteren Forschungen in dieser Richtung Veranlassung gab. Bereits Anfangs März hatte ich soweit an Ueberblick über die Thatsachen aus mehreren vorausgehenden Jahren gewonnen, dass ich auf den 19. August 1868 hindeuten konnte.*) Erst als die Abfassung der „Grundzüge“ schon ziemlich weit vorgerückt war, kamen mir unter Anderen auch Perrey's Arbeiten in die Hände. Demzufolge glaubte ich bereits im ersten Satze der Vorrede Perrey's Namen hervorheben zu müssen.

Um nun den Unterschied meiner und Perrey's Theorie klar zu legen, will ich aus seinen „Propositions sur les tremblements de terre et les volcans“ (Paris 1863) die bezeichnenden Stellen herausheben

*) Vgl. die Note pag. 98.

und meine Anschauungen darneben stellen. Der Uebersichtlichkeit und Präcision wegen musste hiebei auf eine wörtliche Uebersetzung verzichtet werden. Den Wortlaut gebe ich, um den Verdacht einer Entstellung des Sinnes fernzuhalten, unten in den Noten.

1. Ursachen der Erschütterungen.

Perrey.

Es ist schwer, nur eine einzige Ursache von Erbeben anzunehmen.*)

Die Erschütterungen kommen von dem inneren Druck, der die Gestalt der festen Rinde verändert. Diese Veränderungen können nicht stattfinden, ohne Vibrationen zu verursachen, die sich periodisch wiederholen werden.**)

a) Diese Pressungen und Dehnungen verursachen Brüche, die in ihrem Entstehen die Centra molekularer Bewegungen werden, welche sich bis an die Erdoberfläche fortpflanzen und dort unter der Form von Erdbeben zur Erscheinung kommen. Dies ist für uns die

Falb.

Es zwingt gegenwärtig noch Nichts dazu, mehr als eine Ursache der Erdbeben anzunehmen. Eine Unterscheidung lässt sich empirisch aus der Erscheinung selbst nicht rechtfertigen.

Die Erschütterungen kommen von den Explosionen der unterirdischen Vulcanausbrüche, welche ihrerseits wieder durch die geringere Schwere und durch das Empordringen der Lava zu den Zeiten der Hochfluth begünstiget werden.

Die flüssige Materie des Erdinnern dringt durch schon vorhandene Spalten und Canäle zunächst in unterirdische Reservoirs und Becken ein und

*) Il est difficile d'admettre une cause unique. Pag. 3.

**) Ces changements successifs de forme dans la croûte solide ne se feront pas sans y causer des vibrations qui se renouvelleront périodiquement. Pag. 5.

Perrey.

erste oder hervorragendste Ursache des Phänomens. *)

b) Der wellenförmige Charakter der Erdbeben stammt von einer Folge von Pressungen und Dehnungen der Erdkruste während des Durchganges einer sismischen Welle an einem gegebenen Punkte, welche wieder in dem Ensemble von successiven Undulationen, aus welchen jede Welle besteht, ihren Ursprung haben. **)

c) Die wellenförmigen Erschütterungen stammen ferner von den Unebenheiten an der Innenseite der Kruste, die in dem flüssigen Erdkerne eingetaucht, sich dem Andrange der sismischen Wellen entgegensetzen.

Durch dieses innere Gebirgssystem werden die sismischen Wellen von ihrem Wege abgc-

Falb.

gelangt von diesen wieder durch Canäle mehr oder minder nahe an die Oberfläche wo mit dem Durchbruch der Schichten Erdbeben entstehen.

Der wellenförmige Charakter der Erdbeben ist die Folge des mechanischen, durch unterirdische Explosion oder Durchbrechung hervorgebrachten Stosses auf die überlagernden Schichten aus grosser Tiefe. Die Passage der Erdbebenwelle, oder vielmehr des Druckes der angestrebten Welle durch einen Ort wird als solche nicht wahrgenommen.

Es besteht zwischen der Kruste und dem flüssigen Kerne kein hohler Raum, weshalb auch kein eigentlicher Wellenberg, sondern nur ein radialer Druck (an dessen

*) Ces fractures en se formant deviendront des centres d'ébranlements moléculaires, qui pourront se propager . . . jusqu'à la surface externe de l'enveloppe et s'y manifester sous forme de tremblements de terre. Telle est pour nous la cause première ou principale du phénomène. Pag. 5.

**) Toutes les ondes . . . devront physiquement n'être pas uniques, mais composées d'un ensemble d'ondulations successives . . . De là succession de pressions et de tensions dans la croûte enveloppe, lors du passage d'une onde séismique en un point donné. De là succession possible et probable de vibrations du sol. De là le caractère ondulatoire des secousses dans les tremblements de terre. Pag. 7.

Perrey.

lenkt, sie werden schneller laufen zwischen zwei Bergen, langsamer auf einer Ebene oder in einem Thale. Sie werden an die Flanken und Abhänge schlagen, die sich ihnen entgegenstellen und dadurch moleculare Erschütterungen hervorbringen, die sich bis zu uns verbreiten und als Erdbeben zur Erscheinung kommen. *)

d) Ferner kann das Eindringen der glühenden Welle in die durch jene Erschütterungen entstehenden Canäle Stösse und Vibrationen verursachen. **)

e) Gewisse Reihen von Erschütterungen an einem be-

Falb.

Stelle von Innen nach aussen) als „Fluthwelle" bezeichnet werden darf. — „Innere Berge" sind undenkbar in ihrem Entstehen, — weil kein Grund dazu vorhanden ist; — und, wenn ein Wellenschlag vorhanden wäre, undenkbar in ihrem Bestande, — da sie längst dadurch abgeschleift worden sein müssten.

Das Eindringen der glühenden Materie in die Canäle verursacht, da es allmälig geschieht, keinen Stoss, wohl aber der Abkühlungsprocess derselben, welcher mit Explosionen verbunden ist.

Dieselbe Ursache haben auch gewisse Reihen von Erschütte-

*) Admettons que la surface interne de l'enveloppe soit analogue à la surface extérieure, c'est-à-dire qu'elle présente des protubérances et des concavités, des montagnes dont le sommet plonge vers le centre de la terre et s'immerge dans le fluid central . . . Ce système orographique interne . . . modifiera la marche de nos ondes séismiques. L'onde se resserrera et augmentera de vitesse . . . entre deux montagnes . . . Elle s'épanouira et diminuera de vitesse dans une plaine et dans une vallée. . . . Elle ira battre contre les flancs, sur les pentes . . . qui se rencontreront sur son passage. De là . . . des chocs et . . . des ébranlements moléculaires dans les vibrations pourront encore se propager jusqu'à nous et se manifester sous forme de tremblements de terre. Pag. 7.

**) L'introduction de la matière incandescente de l'onde séismique dans ces fentes aura-t-elle lieu sans chocs, sans vibrations plus ou moins sensibles? C'est peu probable. Pag. 9

Perrey.

stimmten Orte müssen einer besonderen Ursache zugeschrieben werden. *)

Erdbeben, welche längere Zeit hindurch eine Gegend erschüttern, die sonst selten davon zu leiden hat, stammen von fortgesetzten Spaltungen in Folge von abgeleiteten und reflectirten Wellen in den ausseräquatorialen Zonen. So z. B. die Erdbeben am Missisippi 1811, von Maurienne 1838, von Schottland 1842 und 1843.**)

Die Periodicität des Phänomens kann sich noch immer in der Erneuerung der Stösse manifestiren.

Allein die Maxima und Minima der Häufigkeit können — weil nur von reflectirten Wellen stammend — nicht

Falb.

rungen an einem bestimmten Orte.

Selbst unter Gegenden, die relativ selten von Erdbeben zu leiden haben, kann sich ein alter, verschütteter vulkanischer Canal befinden, welcher durch eine kräftige Eruption neuerdings erschlossen und auf kürzere oder längere Zeit in einen thätigen vulkanischen Schlot, der nicht vollständig bis an die Erdoberfläche reicht, verwandelt wird wofür wir ausser den von Perrey beigebrachten Beispielen noch die Beben im Visperthale (1855), in Grossgerau (1869–1870) in Belluno (1873–1874) citiren.

Die Periodicität des Phänomens kann sich noch immer in der Erneuerung der Stösse manifestiren.

---

*) Certaines secousses ou séries de secousses dans un endroit déterminé doivent reconnaître une cause particulière. Pag. 3.

**) En dehors de cette zone (équatoriale) les mêmes effets se reproduisent proportionnellement à l'intensité des diverses ondes séismiques, dérivées ou réfléchies . . . Si ces ondes dérivées ou réfléchies . . . produisent des déchirements, suivis d'ébranlements qui se continuent, on aura ces tremblements de terre qui ébranlent plus ou moins longtemps une région où le phénomène est d'ailleurs peu fréquent. On peut citer comme exemple les secousses du Mississippi en 1811, celles de Maurienne en 1838, celles d'Ecosse en 1842 et 1843. Pag. 9.

Perrey.

mehr mit dem Durchgang der sismischen Hauptwellen stimmen. Die Ordnung kann sogar umgekehrt werden. Diese Erscheinung ist analog der Hafenzeit bei den Meeresfluthen. *)

Jene Stösse, die sich stets nach einem starken Erdbeben für längere oder kürzere Zeit wiederholen, kommen von der Weiterverbreitung der Spaltungen und von Wiederholung derselben in benachbarten Gebieten. **)

Die Aenderung des Erdbeben-Centrums, die man in einer langen Reihe von Stössen mehr als einmal bemerkt hat, findet in dieser Weiterverbreitung und Verlängerung der Brüche und Spaltungen nach der Linie des ge-

Falb.

Dabei werden, im Allgemeinen, die Maxima und Minima der Häufigkeit noch immer mit dem theoretischen Maximum des Druckes stimmen (wie das in den Visper- und Belluneser-Beben von mir und für die Grossgerauer von F. Dieffenbach nachgewiesen wurde), wo eine Verschiebung eintritt, da ist sie aus Umständen, die auf die Lebhaftigkeit des Eruptions-Processes Einfluss haben, (Verstopfung oder Einsturz im unterirdischen vulkanischen Schlot), zu erklären.

Die Aenderung des Erdbeben-Centrums hat ihren Grund in der Eröffnung neuer Eruptionswege in der Nähe des ersten Ausbruches, welche

---

*) La périodicité du phénomène pourra se manifester encore dans le renouvellement des secousses. Mais les maxima et minima de fréquence pourront ne plus correspondre au passage des ondes séismiques principales. L'ordre pourra même être interverti. C'est là un phénomène analogue à l'établissement du port dans les marées océaniques. Pag. 10.

**) Les ruptures qui s'opèrent en certains points . . . ébranlent les points voisins qui, à leur tour, sous l'action des ondes séismiques successives, éprouvent des déchirements du même genre . . . On conçoit ainsi les secousses qui se répètent toujours plus ou moins longtemps après un tremblement de terre considérable. Pag. 9.

Perrey.

ringsten Widerstandes ihre Erklärung. *)

f) Ferner kann dieses Phänomen seinen Grund haben in den Explosionen der Gase, die sich unter dem Einflusse electrisch-magnetischer Ströme und chemischer Actionen des glühendflüssigen Erdkernes erzeugen und zwischen diesem und der festen Rinde eine Art Atmosphäre bilden. **)

g) Ferner können Erdbeben entstehen durch den Einsturz von inneren Hohlräumen, wie denn die hier vorgetragene Theorie auch die Ansicht Boussingaults, der die Erdbeben in den Anden dem continuirlichen Sinken dieser Gebirgs-

Falb.

dem Flusse der Lava in einer geraden Linie oder dem Laufe einer alten Spalte folgen, wie diess sowohl durch die Reihenvulkane des Mondes und der Erde, als auch durch den ähnlichen Verlauf einer oberirdischen Eruption (siehe pag. 58 und 63) thatsächlich illustrirt wird.

Die in Folge der Abkühlung des glühendflüssigen Erdkernes eintretenden Gasemanationen sind die entfernte, ihre Beförderung durch die Anziehung von Mond und Sonne die nähere, und die Explosionen in einer gewissen Tiefe die nächste Veranlassung der Erdbeben.

---

*) Ces fractures ouvertes sur un point se prolongent ensuite suivant une ligne de moindre résistance. De là le changement du centre ou foyer d'ébranlement principal. Pag. 9.

**) N'y existe-t-il pas des courants électro-magnétiques? Sous l'influence de ces courants que le Dr. Ami Boué n'hésite pas à regarder comme la cause première des tremblements de terre, et sous l'influence du jeu multiple de ces actions chimiques, ne se dégage-t-il pas, du noyau centrale, des gaz qui puissent former une espèce d'atmosphère, continue ou discontinue entre le noyau liquide et la croûte enveloppe? . . Leur explosion . . . n'est-elle pas dans certains cas, la cause de bouleversements passagers dans la masse centrale? Et par suite n'en résulte-t-il pas des réactions sensibles contre la paroi interne de la croûte, qui . . . propagerait les secousses . . . jusqu'à la surface extérieure? Pag. 11.

Perrey.

kette zuschreibt, zu der ihrigen macht. *)

h) Wir sprechen hier nicht von anderen Ursachen, denen man noch die Erdbeben zuschreibt. Mehrere derselben können als besondere oder secundäre Ursachen zugegeben werden. **)

Falb.

Nach dieser Auffassung gibt es nur Eine Ursache derselben, die sich in drei ineinander greifende Actionen gliedert. Den gewichtigsten Beweis dafür liefert der gesetzmässige und übereinstimmende Lauf der Monatscurven, bei deren Construction alle Erdbeben mitzählten.

Die Annahme, dass viele Erdbeben durch Einstürze entstünden, ist nur so lange möglich, als man nichts als die Erschütterung im Allgemeinen erklären will, sie fällt sofort, sobald man gerade solche als Einsturz-Phänomene bezeichnete Erschütterungen in grösserer Zahl nach Zeit, Ort, Häufigkeit u. s. w. studirt. Es geht nicht an, die Erdbeben an verschiedenen Orten der Erde verschiedenen Ursachen zuzuschreiben ohne ganz bestimmte Differenzen, die in den Phänomenen selbst liegen müssen. Solche Differenzen werden aber nicht beobachtet. Locale Erdbebenreihen, wie die von Wallis, Belluno und Grossgerau lassen sich nur auf Eruptionen zurückführen.

*) Mais de semblables cavernes peuvent et doivent, dans certains cas, s'ébouler et alors donner naissance à des ébranlements moléculaires, qui, propagés à la surface du sol, ne différeront en rien des tremblements de terre ordinaires. Pag. 12. On sait, que M. Boussingault reconnait comme cause principale des tremblements de terre dans les Cordillères des Andes, le tassement continuel et progressif des roches disloquées qui les composent . . . Ces idées ne sont nullement en contradiction avec notre manière de voir. Pag. 15.

**) Nous ne parlerons pas d'autres causes auxquelles on a rapporté les tremblements. Plusieurs . . . peuvent être admises comme causes particulières ou secondaires. Pag. 12.

Es ist nicht denkbar, dass die Natur alle ihre verschiedenartigen Kräfte in einem so einfachen Phänomen vereiniget haben sollte; ebenso wie bei den ptolomäischen Epiciklen ist auch hier die complicirte Erklärung, wie es sein könnte, nur ein Zeichen, dass man weit entfernt ist, zu wissen, wie es ist. Oder haben die goldenen Regeln Newtons „zur Erforschung der Natur“ in unserem Zeitalter alle Bedeutung verloren? Eine dieser Regeln aber lautet: „Causas rerum naturalium non plures admitti debere, quam que et verae sint et earum phaenomenis explicandis sufficiant. Natura enim simplex est et rerum causis superfluis non luxuriat.“ „An Ursachen zur Erklärung natürlicher Dinge nicht mehr zuzulassen, als wahr sind und zur Erklärung jener Erscheinungen ausreichen. Denn die Natur ist einfach und wirft nicht mit überflüssigen Erscheinungs-Ursachen um sich“.

2. Verspätung und Verfrühung.

Perrey.

Indem wir 50 Jahre (von 1801 bis 1850) in 10 Perioden zu 5 Jahren theilten, fanden wir in 9 dieser Perioden je zwei Maxima und zwei Minima.

In sieben dieser Perioden fielen die Maxima mit den Syzigien und die Minima mit den Quadraturen zusammen.

In zweien hatte das Umgekehrte statt. Das Princip der Hafenzeit ist allein ausreichend nach aller Strenge,

Falb.

Das Princip der Hafenzeit ist auf die Erklärung der Abweichungen in der Häufigkeit und Stärke des Phänomens vom theoretischen Maximum und Minimum nicht anwendbar, da dadurch Verspätungen und Verfrühungen von 5 Tagen, wie sie doch beobachtet werden, nicht gerechtfertigt sind. Die Annahme, dass ausser der Druckstärke der flüssigen Masse auch der Wider-

Perrey.

um diese scheinbare Unregelmässigkeit zu erklären. *)

Der Eintritt der flüssigen Masse des Erdkernes in die Spalten und Brüche hat nicht immer augenblicklich statt. Er muss in gewissen Fällen mehr oder weniger Zeit erfordern und die Vibrationen, die sie dort hervorbringt, haben erst nach dem Durchgange der sismischen Welle statt.

Daher die Störungen in der Periodicität des Phänomens.**)

Eine weitere und eingehendere Auseinandersetzung zwischen den Verfrühungen und Verspätungen der Erdbeben gegen den berechneten Moment der höchsten Fluth hat Perrey unseres Wissens nicht gegeben; und doch lässt sich ein bestimmterer Beweis kaum ver-

Falb.

stand des zu durchbrechenden Materials den Zeitpunkt der Erschütterung bestimmt, ist unvermeidlich. Diess ist aber nur möglich, wenn man den nächsten Grund der Erschütterung nicht in dem directen Stoss der „inneren Welle“ auf die innere Seite der Kruste oder auf deren „innere Berge“, sondern in einem Stosse sucht, der erst nach der Durchbrechung aller bis zur Explosions-Stelle aufgehäuften Schichten eintritt. Dadurch wird sehr wahrscheinlich, dass es sich dabei nicht um die Durchbrechung der ganzen Erdrinde bis zu dem Explosionspunkte - (denn die Dicke der Erdrinde ist mit 10 Meilen wohl gering angesetzt) — sondern um den Durchbruch

*) En divisant ces 50 années en 10 périodes de 5 ans chacune, nous avons retrouvé deux maxima et deux minima dans neuf de ces périodes partielles. Dans sept, les maxima ont eu lieu aux syzyges et les minima aux quadratures. Dans deux, l'inverse a eu lieu. Lé principe de l'établissement du port suffirait seul à la rigeur, pour nous expliquer cette anomalie apparente. Pag. 10.

**) L'introduction de la matière liquide du noyau central dans ces fentes ou fractures n'a pas toujours lieu instantanément. Elle doit dans certains cas exiger plus ou moins de temps, et les vibrations qu'elle y produit n'ont lieu qu'après le passage de l'onde séismique. De là des perturbations dans la périodicité du phénomène. Pag. 9.

Perrey.

missen. Es muss zum mindesten gewisse allgemeine Bedingungen geben, unter welchen eine Verfrühung des Phänomens eintritt. Dies wäre an den Thatsachen zu prüfen gewesen.

Perrey legt auch Gewicht auf die Stunde des Erdbebens und zwar von seinem Standpunkte aus mit Recht, da er die Erschütterungen dem directen Stosse einer inneren Fluthwelle auf die Rinde zuschreibt. Nach unserer Theorie ist dagegen eine solche Uebereinstimmung auf die Stunde nur in den seltensten Fällen denkbar; denn nicht allein, dass der Druck von unten, dann die Speisung des Canales gewisse Zeit fordern, zur Erscheinung zu kommen, muss ausserdem auch die Kraft gross genug sein, den Widerstand des Schuttes im Schlot augenblicklich zu überwinden, um die nöthige Höhe zu erreichen, von welcher aus die Erschütterungen an die Oberfläche zu gelangen im Stande sind.

Falb.

weniger, der Erdoberfläche näher liegender Schichten handelt. Dies führt von selbst darauf, die Action von einem höher liegenden Becken kommen zu lassen, das durch den flüssigen Kern ungehindert gespeist wird.

Die Verfrühung wird durch folgendes Beispiel beleuchtet. Es sei die Wiederstandskraft eines verschütteten vulkanischen Schlotes = 15, die Druckstärke eines Syzigiums = 14, eines anderen = 20, so wird beim ersten Syzigium gar kein Durchbruch, beim letzten ein solcher stattfinden, aber an jenem Tage vor dem Syzigium, wo die Druckstärke den Werth 15 überschreitet. Dies hat aber mit dem Principe der Hafenzeit nichts zu thun.

Wenn aber in manchen Fällen die Verfrühung 5 Tage beträgt, so ist der Schlot bereits durch das vorausgegangene Syzigium entsprechend bearbeitet worden.

3. Das Geräusch bei Erdbeben.

Perrey.

Das Geräusch ist für uns eines der dunkelsten Ele-

Falb.

Das Geräusch ist eine so klare Erscheinung, dass wir

Perrey.

mente des Erdbebenphänomens. *)

Ob nun die erwähnten Spaltungen und Berstungen von der Gestaltveränderung der Rinde durch den Druck einer sismischen Welle während ihres Durchganges, oder vom Stosse einer Welle gegen einen inneren Berg, oder von der Zusammenziehung der sich abkühlenden Masse nach ihrem Eintritte in eine Spalte, oder von irgend einer anderen Ursache stammt: sie werden stets von Vibrationen begleitet sein.

Und diese Vibrationen werden sich mehr oder weniger weit je nach dem Zustande und der Beschaffenheit der Oertlichkeit fortpflanzen.

Allein es ist schwer zu glauben, dass diese Berstungen, wie man behauptet hat, die einzige Ursache der Schall-Phänomene sind, die so oft vor, während und nach dem Erdbeben eintreten.

Namentlich ist es das Geräusch, welches so oft der Erschütterung vorangeht, von dem wir uns gar keine Rechenschaft geben können.

Falb.

ohne dasselbe unsere Theorie gar nicht hätten aufstellen können.

Wie oberirdische Vulkane bei ihren Eruptionen Explosionen der aufsteigenden Lava zeigen, die sich wie Flintenschüsse oder Kanonendonner aus der Ferne anhören (man vergleiche pag. 51 und 63), so muss dasselbe Phänomen auch bei unterirdischen Eruptionen vorkommen. Es stammt beobachtetermassen von der gewaltsamen Emporschleuderung von Steinen und Lavafetzen durch die aus der Lava emporsteigenden Gasblasen, die sich zwar bei einem thätigen Vulkane innerhalb weniger Sekunden wiederholt, aber von unterirdischen Eruptionen wahrscheinlich nur in den stärksten Fällen durch die Schichten dringt und daher seltener gehört wird. Die Erdschichten leiten, wenn die Tiefe der Explosion nicht zu gross ist, den Schall rascher in die Höhe, als die gleichzeitig von derselben Explosion herrührende Erschütterung des Bodens; deshalb so häufig Geräusch vor dem Beben, des-

*) En un mot, pour nous, le bruit est un des éléments les plus obscurs du phénomène des tremblements de terre. Pag. 9.

Perrey.

Bei Erdbeben, die längere Zeit fortdauern, treten diese Detonationen häufig auf: und zwar oft ohne jede fühlbare Bewegung des Bodens.

Das Visperthal hat zahlreiche Beispiele dieser Erscheinung im Jahre 1855 und 1856 geliefert; ja sie dauerten noch bis Mai 1861 fort. *)

Falb.

halb auch kann bei schwachen Explosionen die Schallwelle noch vernommen werden, während die Erschütterungswelle nicht mehr anlangt. In dem Maasse, als die Lava abkühlt, wird der Durchbruch der Gasblasen gehemmt und daher der Schall stärker. [11])

4. Erdbebenhäufigkeit in den Gebirgsketten.

Perrey.

Was nun den Raum betrifft, wollen wir nicht alle Sätze mittheilen, die wir aufgestellt haben.

Falb.

Die Häufigkeit und leichtere Fortpflanzung der Erdbeben in den Gebirgsketten der Anden, Pyrenäen, der Alpen, Kar-

* Que ces fractures soient l'effet de la déformation de l'enveloppe, sous la pression d'une onde séismique pendant son passage, ou du choc d'une onde contre une protubérance interne, ou du retrait de la matière par son refroidissement après son introduction dans une fente, ou de toute autre circonstance; elles seront toujours accompagnées de vibrations. Et ces vibrations se propageront plus ou moins loin suivant l'etat et la nature des lieux. Mais ces fractures sont-elles, comme on l'a dit, la cause unique des bruits, qui précèdent, accompagnent ou suivent si souvent les tremblements du terre? Nous avons de la peine à le croire. Nous avouons ne pouvoir encore nous rendre compte du bruit qui précède si souvent les secousses . . . Dans les tremblements de terre dont les secousses se continuent plus ou moins longtemps, des détonations aériennes ou souterraines se renouvellent fréquement sans aucun ébranlement sensible du sol. La vallée de la Visp a offert de nombreux exemples du phénomène en 1855 et 1856. Pag. 8. (Ces détonations se renouvellent encore jusqu'en mai 1861. Note pag. 9.)

Perrey.

Wir wollen nur mit Bezug auf die ganze Erdoberfläche sagen, dass es keine Gegend gibt, die vor den unterirdischen Erschütterungen sicher wäre.

Keine geologische Formation ist davon ausgenommen.

Aber das orographische System einer jeden Gegend scheint einen grossen Einfluss wenn nicht auf die Häufigkeit, so doch auf die Fortpflanzung der Erschütterungen zu haben.

In den Gebirgsketten pflanzen sich die Erschütterungen am häufigsten in der Richtung der Hauptachse fort. Man kann dafür die Pyrenäen und die Anden anführen.

In den grossen Thälern, welche von Flüssen durchzogen werden, scheint die mittlere Richtung der Erschütterungen mit dem Thalwege der Bassins übereinzustimmen. Wir haben dies nachgewiesen bereits seit langer Zeit für die Bassins der Rhône nnd des Rheins, wo die resultirende Richtung nahezu mit dem Meridiane zusammenfällt und für das Bassin der Donau, wo im Gegensatze davon die Resultirende in einer merklich darauf senkrechten Richtung, d. i. von West nach Ost, auftritt.

Falb.

pathen, des Erz- und Riesengebirges, des Atlas, Kaukasus, des Himalaya, und wahrscheinlich auch geringerer Erhebungsketten, wie solches nach Arbeiten von Prof. Suess für die Erdbeben von Niederösterreich nachgewiesen worden ist, findet ihre Begründung in der plutonisch-vulcanischen Geschichte dieser Ketten. Ihre Erhebung aus alten Spalten, wofür ausser dem geologischen und tectonischen Bau auch die Dichtigkeits-Verhältnisse des Bodens, über dem sie stehen, ein sprechendes Zeugniss ablegen, lässt sie gleichsam als Narben alter Wunden der Erdoberfläche betrachten, die über grössere Becken gelagert, dem Andrange der glühendflüssigen Massen geringen Widerstand zu leisten vermögen. Pendelmessungen in den Anden, Pyrenäen, dem Kaukasus und Himalaya lassen darüber keinen Zweifel mehr aufkommen. Das Vorkommen heisser Quellen längs ihres Abhanges, oder, wo der Process jünger und lebhafter ist, ganzer Reihen von Vulkanen, steht damit im engsten Zusammenhange.

Dies gilt auch von jenen Flüssen, deren Lauf ursprünglich durch die Richtung einer alten Spalte bestimmt wurde.

Perrey.

Wir bemerken ferner, dass in Frankreich die Departements, welche den Erdbeben am meisten ausgesetzt sind, jene zu sein scheinen, wo unsere grossen Ströme in das Meer einmünden.

Das Département der Isère, wo der Thalweg des Rhone-Thales mit jenem der Saône eine Art Knoten bildet, ist das einzige, welches mit jenen in Bezug auf die Häufigkeit der Stösse verglichen werden kann.

Könnte eine doppelte rechtwinklige Krümmung in der äusseren Oberfläche des Bodens nicht auf eine analoge Wand in der ganzen Dicke der Kruste hindeuten?

Könnte nicht eine solche Wand der Fortpflanzung der Stösse weniger Wiederstand entgegensetzen? *)

Falb.

Wo sich zwei solcher, durch Erhebungsgebirge oder durch Flussthäler bezeichnete Spalten kreuzen, muss, nach dieser Theorie selbstverständlich eine Erweiterung derselben, also ein grösseres Becken entstehen, das nun den Herd für eine lebhaftere sismische, oder (wie dies sich ja bei den Vulkanen Tengger und Diëng auf Java, welche auf solchen Knotenpunkten stehen, am besten zeigt) auch vulkanische Thätigkeit bildet. [12])

Eine senkrechte Wand, welche die ganze Erdkruste durchsetzt, ist ein geologisches Unding.

Ausserdem würde sie auch nicht sehr lange Bestand haben, und entweder abgenagt oder abgeschmolzen werden, durch die Bewegung und Temperatur der Lava.

*) Quant à l'espace, nous ne rapporterons pas toutes les propositions que nous avons formulées. Nous dirons seulement, relativement à l'ensemble du globe, qu'il n'y a pas de région qui soit à l'abri des commotions souterraines; qu'aucune formation géologique n'en est exempte; mais que le système orographique de chaque contrée paraît exercer une grande influence, sinon sur la fréquence des secousses au moins sur leur propagation. Dans les chaînes de montagnes les secousses se propagent le plus souvent suivant l'axe principal. On peut citer, sous ce rapport, les Pyrénées et les Cordillères des Andes. Dans les vastes vallées qu'arrosent des fleuves, la direction moyenne des secousses . . . paraît être celle du thalweg des

Dies sind die Differenzen zwischen Perrey's Erdbebentheorie und jener, die ich in den „Grundzügen" dargelegt und später (in den Mittheilungen der Wiener geographischen Gesellschaft, Nummer vom 28. März 1872) in einzelnen Punkten auf empirischer Grundlage noch schärfer und bestimmter ausgeführt habe. Seit dieser Zeit konnte ich derselben aus den zahlreichen neueren Erfahrungen Nichts mehr hinzufügen, was nicht schon darin enthalten gewesen wäre, und ich nehme daher keinen Anstand, sie für abgeschlossen zu erklären. Man wird daraus ersehen, dass die Verschiedenheit beider Theorien kaum grösser gedacht werden kann, obgleich sie beide auf denselben Thatsachen fussen.

Es sei mir hier nur noch erlaubt, auf einige Punkte hinzuweisen, die für die Vergangenheit und Zukunft ein nicht bloss theoretisches Interesse gewähren. Wir haben gesehen, dass kleine Differenzen in der Entfernung des Mondes von der Erde eine desto grössere

bassins. C'est ce que nous avons constaté depuis longtemps déjà pour les bassins du Rhône et du Rhin, où la direction résultante coïncide à peu près avec celle du méridien, est pour le bassin du Danube où la résultante au contraire s'est manifestée dans une direction sensiblement orthogonale avec la première, ou de l'ouest à l'est. Nous dirons aussi qu'en France les départements, les plus sujets aux tremblements de terre paraissent être ceux où nos grandes rivières ont leur embouchure dans la mer. Le dèpartement de l'Isère, où le thalweg de la vallée du Rhône forme une espèce de noeud avec celui de la Saône, est le seul que l'on puisse leur comparer sous le rapport de la fréquence des secousses. Une double courbure orthogonale dans la surface externe du sol indiquerait-elle une charpente analogue dans toute l'épaisseur de la croûte? Une charpente de ce genre présenterait-elle moins de résistance à la propagation des secousses? Pag. 13.

Wirkung ausüben können, je länger sie andauern. Demzufolge würde, — wenn die mittlere Entfernung unseres Trabanten unbedeutend aber dauernd vermindert oder vergrössert würde, die Lebhaftigkeit des sismo-vulkanischen Processes der Erde eine merkliche Zu- oder Abnahme erfahren. Nun findet eine solche Aenderung der mittleren Entfernung des Mondes in der That statt und sie kann — da ihre Periode hunderttausende von Jahren umfasst, im gewissen Sinne dauernd genannt werden. Es ist das Verdienst von Lagrange und Laplace, gezeigt zu haben, dass die mittlere Bewegung des Mondes um die Erde mit der Excentricität der Erdbahn — aber in viel grösserem Maasse — zu- und abnimmt. Die Periode dieser Schwankung ist noch nicht ganz sicher gestellt, doch können folgende Zahlen keine sehr bedeutende Correction erleiden. Die grösste Bewegung des Mondes tritt ein, wenn die Excentricität der Erdbahn den Werth 0,0778, die geringste, wenn sie den Werth 0,0047 erlangt. Zwischen diesen beiden Zeiträumen zeigen sich ausserdem kleinere Perioden, in welchen die Maxima und Minima geringere Dimensionen annehmen. Eine solche kleinere Periode, in der wir leben, hat ihr

Maximum = 0,0575 im Jahre . . . 208,900 vor Christus.
Minimum = 0,0047 „ „ . . . 21.800 nach Christus.

Dauer einer halben kleineren Periode 230.700 Jahre.
„ „ ganzen „ „ 461.400 „

Es spinnt sich demnach die kleinere Periode, in welcher wir leben, in ungefähr 500.000 Jahren ab; eine grosse Periode, innerhalb welcher die extremen Werthe erreicht werden, muss daher ein Vielfaches von 500.000 Jahren sein! Es frägt sich nun, ob durch

den kleinen Betrag, um welchen die Werthe schwanken, die Fluthwirkung des Mondes eine merkliche Veränderung erfährt Ich finde durch Rechnung, wenn man die heutige Sonnenfluth zur Zeit der Sonnennähe = 1, die gleichzeitige heutige Mondfluth = 2, also die Totalfluth = 3 annimmt, für diese Epochen folgende Werthe:

	Jahr:		Mondfluth:	Sonnenfluth:	Totalfluth:
Hauptmax.	?	vor Chr.	2,0	1,2	3,2
Secund. Max.	208,900	„ „	2,0	1,1	3,1
Hauptminim.	21,800	nach „	2,0	1,0	3,0

Man sieht daraus, dass die Compensirung der grösseren Sonnenfluth durch die unmerklich[13]) geringere Mondfluth nicht gross genug ist, um die von der Excentricität der Erdbahn abhängige Periode zu maskiren. Es kann ferners keinem begründeten Zweifel unterliegen, dass der Effect sehr merklich werden muss, da ja die Periode sehr gross ist. Sonach können wir vor ungefähr 210.000 Jahren einen sehr lebhaften Vulkanismus auf der Erde voraussetzen, und zwar um so sicherer, als auch die Geologie solche vulkano-plutonische Epochen in den einzelnen Schichten der Erdrinde nachzuweisen vermag, von welchen die letzte in die Tertiär-, die vorletzte in die Trias-Zeit fällt. Eine Steigerung ist dann wieder nach 20000 Jahren zu erwarten.

Möglich, dass diese Eruptionen den Haupt-Maximen angehören, dann würden sie um ein Vielfaches von 500.000 Jahren hinter uns liegen.

Dies wäre die grösste Periode, welche die Astronomie gegenwärtig anzugeben vermag. Für ihre Wirksamkeit werden die oben gegebenen Differenzen vielleicht nicht genügend gross erscheinen. Allein es ist kein

Zweifel, dass diese Curve, wenn sie noch von einer kürzeren mit stärkeren Differenzen begleitet sein sollte, trotz ihrer schwachen Krümmung zu merklicher Geltung kommen wird. Deshalb durfte sie hier nicht umgangen werden, denn es gibt in der That eine kürzere Curve mit sehr bedeutender Hebung und Senkung. Bereits wurde von uns wiederholt auf die Wichtigkeit des Aequatorstandes von Sonne und Mond für die Fluthhöhe hingewiesen. Die p. 89 gegebenen Werthe bezeugen auch zur Genüge die thatsächliche Wirkung auf das Erdinnere bezüglich der Sonne. Man kann daraus beurtheilen, wie gross das Uebergewicht des Hauptmaximums würde, wenn die grösste Annäherung der Sonne mit ihrem Durchgang durch den Aequator zusammenfiele. Dies geschieht nun in der That alle 10503 Jahre.

Indem die Sonnennähe, die 1850 auf den 1. Jänner fällt, jährlich um 61″7 vorrückt, muss sie im Jahre 6393 auf den 21. März und im Jahre 16896 auf den 23. September treffen. In beiden Epochen wird die Sonnenfluth ein sehr grosses Maximum zur Zeit des betreffenden Aequinoctiums erreichen, während in den Epochen, wo die Sonnennähe mit den Solstitien zusammenfällt die Sonnenfluth-Maxima am geringsten sein werden. In ersteren Falle wird also auch die Erdbebencurve (nach Elimination des Mondes) einen sehr bedeutenden Ueberschuss zur Zeit des betreffenden Aequinox aufweisen, während sie im letzteren Falle drei Maxima, von schwankender Superiorität, enthalten wird, indem jedes Aequinox und die Sonnennähe eine Erhebung der Curve bewirkt. Im Streite beider Aequinoctien entscheidet dann nach dem Principe der Retar-

dation des Effektes das grosse Aequinoctial-Maximum der vorausgehenden Epoche und es wird sich das Uebergewicht stets gegen jenes Aequinox neigen, welches in der vorausgehenden Epoche mit der Sonnennähe zusammenfiel. In der folgenden Tabelle sind diese wechselnden Verhältnisse während einer Periode von 21005 Jahren, innerhalb welcher die Sonnennähe alle Kalendertage durchwandert, dargestellt. Dieser Zeitraum ist in vier Epochen getheilt und zwar so, dass mit Rücksicht auf die Retardation des Effektes, die Wirksamkeits-Dauer jedes einzelnen Maximums vor seiner mathematischen Epoche zu jener nach derselben wie 5 zu 7 angenommen wurde. In der 4. Rubrik erscheinen die Maxima jeder Epoche nach ihrer Stärke geordnet; in der 5. jene der Erdbebencurve *c*, wie sie sich durch Retardation aus der 4. Rubrik ergeben.

Epoche	Sonnennähe	Jahr	Theoret. Maxima	Fluthcurven-Maxima
I.	14. Mai	11300 v. Ch.	21. März	April
	22. Juni	9157 „	22. Juni	Juli
	14. Aug	6110 „	23. Sept.	October
II.	15. Aug.	6052 v. Ch.	23. Sept.	October
	23. Sept.	3999 „		
	13. Nov	877 „		
III.	14. Nov.	819 v. Ch.	23. Sept.	October
	23. Dez.	1333 n. Ch.	23. Dez.	Januar
	11. Feb.	4207 „	21. März	April
IV.	12. Feb.	4215 n. Ch.	21. März	April
	21. März	6393 „		
	13. Mai	9600 „		

Aus dieser Tabelle, deren Anlage nichts weniger als hypothetisch ist (es sei denn das Retardations-Verhältniss 5:7, welches jedoch hier in den Folgerungen ganz ausser Spiel bleibt), erklärt sich nun auf höchst interessante Weise die Differenz der Curven *a* und *b* pag. 89. Es fallen nämlich die statistischen Daten, welche ihnen zu Grunde liegen, sämmtlich in die III. Epoche, wo — wie die 5. Rubrik zeigt — dem October-Maximum ein Januar-Maximum zur Seite steht. In der IV. Epoche wird eine solche Zweideutigkeit des Sieges nicht mehr stattfinden, indem dann der April alle anderen Monate an Zahl der Erdbebentage weitaus überragen wird, wie dies in der II. Epoche bezüglich des October statt hatte. Wir haben demnach um das Jahr 4000 vor Chr. eine lebhafte vulkanisch-sismische Thätigkeit anzunehmen, die also ungefähr mit dem Beginne der historischen Zeit zusammenfiele.

Es muss uns gegönnt sein, Verhältnisse hervorzuheben, die eine mathematische Behandlung der Probleme aus der höheren Erdkunde zulassen. Wir theilen nicht die Meinung Derjenigen, welche behaupten, man müsse gewissen Fragen ganz aus dem Wege gehen. Das wäre allerdings ein bequemes Mittel, sich vor Irrthum zu bewahren. Allein wir sind weder hochmüthig noch berühmt genug, um den Ruf der Unfehlbarkeit zu ambitioniren.

Hier indess bewegen wir uns auf verlässlichem Boden. Selbst wenn wir das Attractionsgesetz nicht für unveränderlich halten dürften, müsste man doch seine Giltigkeit wenigstens auf viele Jahrtausende zugestehen, da es in der Bewegung von Doppelsternen

Anwendung findet, die wir heute in einem Zustande erblicken, welcher um Tausende von Jahren hinter der Gegenwart liegt. Dieses Gesetz verlangt aber — soll es in unserer Frage bestimmend sein — einen Zustand der Materie, der in jenen fernen Zeiten, wie uns die Beobachtung lehrt, thatsächlich vorhanden war.

Sollte auch die Bildung der kristalinischen Gebirge tertiären Alters viel langsamer vor sich gegangen sein, als die ältesten plutonischen Erhebungen der Erdrinde, so lässt sie sich doch ohne Annahme eines zähflüssigen Aggregatzustandes der aufsteigenden und hebenden Materie kaum denken. Somit sind jene Grundlagen gegeben, welche den Uebergang von der Erde zum Himmel gestatten. Der Bund zwischen Astronomie und Geologie ist zwar noch sehr jungen Datums, doch hat die Himmelskunde nicht unbegründete Aussicht, der Geologie wenigstens für eine oder die andere ihrer Epochen den absoluten Maasstab liefern zu können. Andererseits ist sie dieser Wissenschaft nicht minder verpflichtet, da über das absolute Alter des Sonnensystems jede Annahme, die wenige Jahrtausende überschreitet, zulässig gewesen wäre, wenn nicht aus dem Alter der Erde ein Schluss a minore ad majus gewisse Minimalwerthe wahrscheinlich gemacht haben würde.

Weitere Aufschlüsse stehen der Geologie von dieser Seite bevor, sobald auch die Meteorologie astronomische Epochen berücksichtigen und den Einfluss, welchen der Mond auf die Niederschläge der Atmosphäre ausübt, erkennen wird Wir haben uns von diesem Einflusse seit mehreren Jahren überzeugt und den allgemeinen Zustand der Atmosphäre zur Zeit ausserordentlicher Hochfluthen charakterisirt gefunden durch eine eigene

Anordnung der Wolken in grossen, groben Cirrho-Cumulus-Reihen nach zwei aufeinander senkrechten Richtungen, wodurch die quadrirte Form der ganzen Schichte

	a	b	c
	d	e	f
	g	h	i

und ein rascher Wechsel von Heiterkeit und Regen im Laufe des Tages bedingt ist, da bei einer ungleichmässigen Fortbewegung der Wolken a, b, c, u. s. w. bald eine grössere Trennung der Felder stattfindet, und eine Wolke von der anderen durch heitere Räume geschieden erscheint. Selbst wenn der Regen, durch Kälte verhindert, nicht eintritt, so ist doch die Tendenz dazu unverkennbar; aber in den meisten Fällen folgen reiche Niederschläge nicht bloss in Europa, sondern auch in tropischen Gegenden, und zwar nicht selten selbst auch im Winter durch heftige Gewitter vermittelt. Gewitter und Hagelfälle in der kalten Jahreszeit sind bereits in den „Grundzügen“ als die Folge der atmosphärischen Hochfluth angeführt worden*) und die Erfahrung hat dies auch seither bestätiget.

*) Pag. 496. Man vergleiche 1874 Dezember 10., 19., 20. — 1875 Jänner 8, 18, 21., 22. — Februar 7., 8. — März 8., 9. — April 7., 8, 9. — Mai 7., 8., 10., 19. Es möge hier noch kurz meine Ansicht über die Art der Einwirkung des Mondes auf

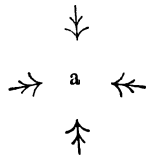
Sollte nun im Ganzen und Grossen die Menge des Niederschlages mit den Hochfluthen correspondiren, so würden die bezeichneten säculären Epochen zugleich auch einen Maasstab für die Diluvialzeiten gewähren, welche sich dann stets unmittelbar nach grossen Eruptionsperioden einreihen müssten. Prof. Suess hat mich vor einiger Zeit aufmerksam gemacht, dass es in der Geschichte der Erde mehrere Epochen gegeben habe, in welchen die absolute Quantität des Niederschlages auf beiden Hemisphären ein Maximum war, und von denen er vermuthet, dass ihnen eine astronomische Ursache zu Grunde liege. Die Natur ist wie die Bibel ein Buch

> . . . in quo quaerit sua dogmata quisque,
> Invenit et pariter dogmata quisque sua.

Die Entscheidung, wer Recht hat, kann nicht durch Einen, kaum durch eine ganze Generation herbeigeführt werden. Aber wenn Jeder für seine Au-

---

das Luftmeer Platz finden. Entsteht im Punkte a durch die atmosphärische Hochfluth eine aufsteigende Bewegung, so



müssen die umliegenden untersten Schichten in rascher Strömung sich gegen a, also centripetal, bewegen. Es bilden sich demnach Cyclonen oder auch einfache, durch die von a aufsteigende Bewegung verursachte Abkühlungs-Centra grösseren Umfanges, in welchen Niederschlag, Hagel oder doch eine ausgesprochene Tendenz dazu auftreten muss. [11])

schauung maassgebende Belege sucht, so wird dadurch eine Mannigfaltigkeit von Gesichtspunkten zur Sprache gebracht, die unsern Blick erweitert und schärft; oft auch etwas zu Tage gefördert, das keine der beiden Parteien vermuthet oder gesucht hat. Selbst eine falsche Theorie wird nicht selten fruchtbringend, wenn die Widerlegung derselben zu positiven Forschungen Anstoss gibt, deren Resultate einzeln oder in ihrer Combination neu und originell sind. Steril ist nur die vornehme Zweifelsucht und hochmüthige Negation, die durch wohlfeilen Spott befähigte, ideenreiche Forscher von einem Pfade zurückschreckt, der, wenn auch vielleicht auf dem Umwege des Irrthums, zu einem neuen Gesetze geführt hätte.

Die Auffindung allgemeiner Gesetze ist ja schliesslich doch das Ziel der Naturforschung. Damit schweift sie allerdings, schon in das Gebiet der Philosophie, welche endlich aufhören muss, sich Fragen zu stellen, deren Beantwortung durch die empirische Forschung nicht entschieden werden, daher stets nur subjectiv ausfallen kann. Die Frage nach d e r Ursache der Dinge muss sich in die Frage nach d e n Ursachen derselben verwandeln. So wird die Philosophie auf die Theorie der Erkenntniss reducirt, womit sie in alle Wissenschaften eingreift. Wie es eine Philosophie der Weltgeschichte gibt, muss es auch eine Philosophie der Naturforschung geben. Sie wird den langen, oder vielmehr endlosen Weg der Empirie abkürzen, die Methoden und die Auslegung der Thatsachen kritisch behandeln, die Reihenfolge der allgemeinen Probleme feststellen und endlich die zahlreichen einzeln laufenden Fäden der Naturwissenschaft vereinigen und verknüpfen.

Die Philosophen der Griechen waren Naturforscher, und unsere heutigen Naturforscher beginnen bereits Philosophen zu werden. Du Bois-Reymond, Helmholtz, Virchow, Hering, Dühring, Wundt, Zöllner, Mach, Häckel, Lotze, Seidler und Andere erheben sich über das Niveau des mechanischen Empirismus, ohne deshalb den goldenen Boden der exacten Forschung zu verlassen. Aber noch immer sind es nur vereinzelte Erscheinungen. Der durchschnittliche philosophische Bildungsgrad einer Gelehrtengeneration lässt sich hinterher nach dem Grade der Entschiedenheit bemessen, mit welcher sie einer falschen Hypothese zujauchzt und eine wahre todtschweigt.

Ist eine Hypothese erschöpfend und mathematisch erwiesen, dann ist ihre Anerkennung kein Verdienst mehr, sondern selbst für den Stumpfsinnigsten ein Zwang. Wohl aber ist es ein Beweis von tieferem Blicke, aus wenigen charakteristischen Fingerzeigen, gleichsam wie aus einer fragmentarischen Handschrift das Naturgesetz herauszulesen, zu dessen Erkenntniss das Durchschnitts-Auge erst der Auffindung des ganzen Documentes bedarf.

Nichtphilosophische Naturforscher begeben sich aller Vortheile, welche der Verbindung von Beobachtung und Phantasie entspringen; philosophische Gelehrte räumen nebst den Sinnen auch der Phantasie ein Plätzchen in der Forschung ein.

Wo die Wissenschaft als Handwerk betrachtet wird, dort ist die Schablone am Platze, in der Forschung niemals. Deshalb ist die Phantasie ein unentbehrliches Werkzeug derselben. Aufmerksamkeit auf Alles, was

ihn umgibt, muss dem Naturforscher eigen sein; eine schwache, träge Phantasie ist wenig geeignet, Erscheinungen zu sondiren, Gleichartiges zu verbinden, Verschiedenartiges zu trennen, Gesetze zu abstrahiren. Ein fallender Apfel, eine schwingende Lampe, ein zuckender Frosch sind alltägliche Erscheinungen, die der trockene Kopf kaum beachtet, indess sie den phantasie- und ideenreichen Beobachter zu universalen Gesetzen führen. Der mechanisch Arbeitenden kann es Viele geben, jeder Gesunde und Aufrichtige ist dazu tauglich; die philosophische Forschung erfordert einen ganzen Mann und bringt den mittelmässigen Läufer bald zu Falle. Wem die Phantasie das Zeugniss der Sinne trübt, oder wer ihrer ganz ermangelt, der mag sich getrost zur ersten Classe gesellen; Beruf zur zweiten hat nur, wer kräftig beide beherrschen und rechtzeitig auseinander zu halten, rechtzeitig auch wieder zu vereinen vermag. Die Sinne schaffen uns Documente, die Phantasie hat dieselben unverfälscht zu benützen, zu vergleichen und zu deuten. Ob beide Arbeiten zu trennen oder zu vereinigen sind? Dies ist die Lebensfrage der Philosophie als einer exacten Wissenschaft.

Es gibt aber auch eine Lebensfrage der Wissenschaft überhaupt; denn selbst das edelste Gewächs hat seine Krankheiten. Was die Reblaus dem Weinstock, ist Eitelkeit, Egoismus und Grössenwahn der Forschung, denn sie erzeugen Scheelsucht und Perfidie, den Tod jener einzig wahren Moral, die gerade in der Wissenschaft ihr Fundament sucht. Der daraus erwachsende ethische Schaden ist durch keinen Wortliberalismus, durch keine noch so freiheitliche Phrase zu paralysiren. Einst waren alle Priester Gelehrte des Volkes; wir

stehen an der Schwelle einer Zeit, wo jeder Gelehrte ein Priester des Volkes sein wird. Diese Höhe kann aber die Wissenschaft nur dann erreichen, wenn ihre Fahne keine andere Devise mehr führt, als:

„Gerechtigkeit und Wahrheit!“

IV.

Ueber das Innere der Erde.*)

Den Drang nach unbeschränkter Mehrung der Erkenntniss hat der Geist des Menschen von der Natur als unveräusserliches Erbtheil überkommen. Dieser Drang ist so stark, dass selbst die Ueberzeugung von der Mangelhaftigkeit und Unvollkommenheit der menschlichen Fassungskraft das weitere Streben nicht nur nicht zu ersticken, sondern noch kräftiger anzuregen vermochte. So verschmäht es der Forscher nicht, Gebiete zu bearbeiten, wo kaum eine Ausbeute zu hoffen ist; Gebiete, die sich oft sogar seinen äusseren Sinneswahrnehmungen auf immer verschliessen. Hier tritt die innere Anschauung, die geistige Wahrnehmung durch Combination der sinnlichen in ihre Rechte.

So verhält es sich mit der Erforschung des Erdinnern. Es muss dem Bewohner der Erdoberfläche ewig versagt bleiben, durch unmittelbare Anschauung den Zustand kennen zu lernen, in welchem sich die Tiefen unseres Planeten befinden. Allein dadurch

*) Da dieser Gegenstand noch nirgends nach seinen mathematischen Grundlagen in ausführlicher Weise behandelt wurde, bringen wir hier das V. Capitel der „Grundzüge“ mit einigen Aenderungen und Erweiterungen zum Abdruck.

wird die endliche, sichere Erkenntniss nicht ausgeschlossen. In der Gegenwart ist allerdings ein solches Endresultat noch nicht gewonnen, doch stehen der Ansicht, nach welcher die Erde im Inneren zum grössten Theile flüssig ist, solche Gründe zu Gebote, dass die gegentheilige Meinung sich kaum mehr zu halten vermag.

Vor allem muss zunächst darauf hingewiesen werden, dass positive Zeugnisse über die innere Festigkeit der Erde nicht vorgebracht werden können. Die Vertheidiger dieser Ansicht sind gezwungen, sich auf den schwer zu führenden Nachweis zu beschränken, dass einzelne Producte der obersten Erdschichte, von denen man den ehemaligen geschmolzenen Zustand behauptet, niemals geschmolzen waren, und das gewisse Erscheinungen, die man aus dem heissflüssigen Zustand des Inneren herleitet, auch ohne diese Hypothese erklärt werden können.

Wir wollen hier nur die positiven Thatsachen, welche zur Annahme eines heissflüssigen Erdinneren führen, in Betracht ziehen.

1. Die Erde war flüssig.

Die Gründe für die Annahme, dass die ganze Masse der Erde sich einst im Zustande der Flüssigkeit befand, theilen sich ihrer Natur nach in zwei Classen, von denen die erste das zusammenfasst, was die astronomischen Forschungen theils bezüglich aller, theils rücksichtlich einzelner Planeten lehren, unter welchen die Erde mitbegriffen ist. Die zweite Classe enthält die Ergebnisse jener Untersuchungen, welche sich nur auf die Erde beziehen.

A) Astronomische Zeugnisse.

a) Unabhängig von der Natur eines Himmelskörpers ist seine Bewegung um den Schwerpunkt des Systemes, sowohl in Bezug auf die Neigung der Bahn gegen eine bestimmte Ebene, als auch bezüglich seiner Bewegungsrichtung. Jeder einzelne Himmelskörper kann den Schwerpunkt des Systemes in jeder beliebigen Richtung und Neigung umkreisen, d. h. jede Neigung und Richtung war ursprünglich gleich wahrscheinlich. Und wir finden in der That, dass ein Theil der Angehörigen des Sonnensystems, der sich auch durch die Form seiner Individuen von den übrigen unterscheidet — die Kometen — in allen möglichen Neigungen und Richtungen um die Sonne läuft. Allein die zweite Kategorie dieses Systems bietet in ihren Bewegungen ein auffallendes Schauspiel der Uebereinstimmung dar. Alle Planeten, auch nicht einer ausgenommen — und wir zählen deren nun schon 143 — bewegen sich von West nach Ost, und man hat sich bereits derart dem Glauben an eine gesetzliche Nothwendigkeit dieser Uebereinstimmung hingegeben, dass jeder Astronom mit einer, an die Gewissheit grenzenden Wahrscheinlichkeit dieselbe Bewegungsrichtung bei jedem in Zukunft noch zu entdeckenden Planeten voraussetzen zu können vermeint. Wie sehr hier der Gedanke an einen blossen Zufall ausgeschlossen werden muss, wird folgendes Beispiel am besten zeigen. Ein Blinder stösst ein Päckchen mit 143 Zündhölzchen um; sie fallen sämmtlich auf den Boden. Er fasst nun — um dem Zufalle vollen Spielraum zu lassen — jedes einzelne mit einer Zange

an und gibt es in das Behältniss. Wer wird behaupten, dass alle Köpfchen nach oben zu liegen kommen? Oder, wenn es sich in der That so findet, wird jemand glauben, dass hier nur der Zufall wirksam war?

Man wird auch für die gemeinschaftliche Bewegungsrichtung der Planeten eine gemeinschaftliche Ursache anzunehmen berechtiget sein. Dass diese in der Gravitation nicht zu suchen sei, beweisen eben die Kometen, von denen sich einige von West nach Ost, andere von Ost nach West um die Sonne bewegen. Will man dagegen einwenden, dass unser Sonnensystem gar nicht bestehen könnte, wenn die retrograd sich bewegenden Himmelskörper eine in Betracht kommende Masse hätten, und dass daher jedes bestehende System massiger Körper Bewegungen in gleichem Sinne aufweisen müsse — so antworten wir darauf: Es ist wohl zu unterscheiden zwischen „Bestehen überhaupt“ und „Bestehen auf die Dauer.“ Die Rechnungen der französischen Analitiker des vorigen Jahrhunderts beweisen nur, dass ein Massensystem mit verschiedenen Bewegungsrichtungen nicht auf die Dauer bestehen kann. Jetzt müsste man erst zeigen, dass alles, was im Weltraume nicht auf die Dauer Bestand hat, auch nie zur Existenz gelangen könne. Das wird aber nicht gelingen, da ja im Gegentheil stete, unausgesetzte Veränderung, Entstehen und Vergehen, Leben und Tod den Haupt-Charakter des Weltalls bildet. Man denke sich nur den Fall, dass bei der nun allgemein angenommenen Eigenbewegung der Sonnensysteme zwei von ihnen sich im Weltraume so nahe begegnen, dass sie sich dauernd aneinander ketten! Gar manche Doppelsterne mögen

auf diese Weise entstanden sein! Wie wird es nun mit der Bewegungsrichtung ihrer Trabanten stehen? Von einer Gleichheit derselben wird wohl in den seltensten Fällen die Rede sein können. Es wird ein Doppelsystem entstehen, das allerdings den Keim grossartiger Umwälzungen in sich trägt, aber diese Umwälzungen werden nicht plötzlich, sondern nur allmählich vor sich gehen. Das System besteht, aber nicht auf die Dauer. Und in der That finden wir bereits einen ähnlichen Fall am Himmel in dem dreifachen Stern ξ der Wage. Der nähere Begleiter hat eine directe Bewegung um den Hauptstern, der entferntere eine retrograde! Hier hätten wir also bei gewiss nicht unbeträchtlichen, von einander wahrscheinlich nicht sehr verschiedenen Massen (die erste Sonne ist fünfter, die zweite siebenter Grösse) entgegengesetzte Bewegungsrichtung! Daher widerholen wir noch einmal: Das Nichtbestehenkönnen auf die Dauer ist kein Grund für die Nichtexistenz entgegengesetzter Massenbewegungen in unserem Sonnensysteme.

Wir müssen daher für diese Nichtexistenz eine andere Ursache voraussetzen. Die zweite zu beobachtende Thatsache — Uebereinstimmung der Bahnneigungen — scheint geeignet, uns bei dieser Untersuchung auf die wahre Spur zu leiten. Während sich in den Bahnlagen der Kometen gar keine Ebene findet, welche man als Hauptebene bezeichnen könnte, sondern alle Lagen regellos vorkommen, zeigt sich in der Anordnung der Planetenbahnen in dieser Hinsicht eine gewisse Gesetzmässigkeit, welche bei den grossen Planeten äusserst streng, bei den kleinen (Asteroiden)

wenigstens mit einer solchen Tendenz zu Tage tritt, dass auch hier noch immer das Wort Uebereinstimmung berechtigt ist. Alle grossen Planeten bewegen sich fast in einer und derselben Ebene, und eine überwiegende Zahl von Asteroiden hält sich in nicht allzugrosser Entfernung von derselben; die meisten Bahnebenen liegen in einer Zone, welche 5 bis 9 Grad gegen die Erdbahn geneigt ist. Die Hauptebene wird daher innerhalb dieser Grenzen zu suchen sein, und es liegt hierin ein Fingerzeig, dass der erste Anstoss, welcher die Planeten in ihre Bahnen leitete, von einem und demselben Mutterkörper ausging, dass alle Planeten ursprünglich in diesem vereiniget waren.

Hat uns die Uebereinstimmung in der Bewegungsrichtung berechtiget, anzunehmen, dass der Anstoss dazu ein gemeinschaftlicher, dass es gleichsam ein Wurf aus einer Hand gewesen sein musste, so bestimmt jene Zone von 5 bis 9 Grad die Bewegungsebene dieser „Hand“: sie muss mit der Hauptebene der Planetenbahnen zusammenfallen, d. h. zwischen 5 und 9 Grad gegen die Erdbahn geneigt sein. Wir haben daher für die Auffindung des Mutterkörpers folgende Leitpunkte zu beachten:

1. Er muss eine Schleuderbewegung, d. i. eine Rotation besitzen.

2. Diese Rotation muss von West nach Ost erfolgen.

3. Die Verbindungslinie der Punkte stärkster Schleuderbewegung, d. h. der Aequator, muss mit der Hauptebene der Planetenbahnen zusammenfallen,

demnach zwischen 5 und 9 Grad gegen die Erdbahn geneigt sein.

4. Der Mutterkörper muss unter allen Körpern des ganzen Systems dem Schwerpunkte des letzteren am nächsten liegen.

Findet sich nun innerhalb des Planetensystems ein Körper, welcher diese Eigenschaften bezitzt, dann bildet die Annahme, dass alle Planeten ursprünglich mit ihm vereiniget waren, nach allen Regeln der Logik und Wahrscheinlichkeitsrechnung die Grundlage zur einzig möglichen Erklärung jener auffallenden Uebereinstimmung in Bewegungsrichtung und Bahnneigung.

Diese Eigenschaften nun sind sämmtlich in unserer Sonne vereiniget; sie rotirt von West nach Ost, ihr Aequator ist gegen die Erdbahn um 7½ Grad geneigt, und ihr Schwerpunkt befindet sich dem des ganzen Systems am nächsten. Wir sind daher zur Annahme berechtiget: Mit der rotirenden Sonne waren ursprünglich alle Planeten vereiniget, von ihr haben sie sich im Laufe der Zeiten abgelöst.

Laplace, dessen Hypothese diesen Ausführungen zu Grunde liegt, ist der Ansicht, dass die Ablösung der Planetenmassen in Folge der Sonnenabkühlung und der dadurch beschleunigten Rotation stattgefunden habe. Nach ihm würde der Sonnenball sich dereinst über die Grenzen der Neptunsbahn hinaus erstreckt haben und erst durch fortgesetzten Wärmeverlust unter beständiger Verdichtung auf ihr gegenwärtiges Volumen herabgesunken sein. Diese Ansicht hat später vielfache Bestätigung erhalten, und es ist bis jetzt noch Niemandem gelungen, eine bessere an ihre Stelle zu setzen. „Die wichtigsten und entscheidendsten Beweise für die Rich-

tigkeit der Laplace'schen Theorie," sagt: Dr. Hermann J. Klein in seiner Entwicklungsgeschichte des Kosmos, „hat erst die neueste Zeit geliefert. Hierhin gehören: Das Erkennen des Sonnenballs als einer noch gegenwärtig feurigflüssigen Masse; die Uebereinstimmung der auf spectral-analytischem Wege gefundenen stofflichen Zusammensetzung der Sonne aus Elementen, die der Erde nicht fremd sind; die Gleichartigkeit der Grundstoffe in den niederfallenden Meteoriten mit denjenigen unseres Planeten; die Nichtconsistenz der Saturnringe und der höchst wahrscheinlich dunst- oder wolkenartige Zustand der Oberflächen der äusseren Planeten überhaupt."

b) Dass diese Ablösung von der Sonne nicht im Zustande der Erstarrung, sondern zur Zeit der Flüssigkeit der ganzen Masse eintrat, geht einfach daraus hervor, dass der ganze Sonnenkörper selbst sich wahrscheinlich noch theils in heissflüssigem, theils in gasförmigem Zustande befindet, wie aus der hohen Temperatur und der geringen Dichte abgeleitet werden kann. Dabei mussten wohl auch die einzeln abgelösten Massen sich noch im heissflüssigen Zustande befinden, wie aus ihrer Kugelform und den Bahnverhältnissen der einzelnen Monde hervorgeht, welche hindeuten, dass letztere ganz auf dieselbe Weise aus den Planeten, wie diese aus der Sonne ihren Ursprung nahmen.

B) Terrestrische Zeugnisse.

Indem wir nun auf die Erde selbst übergehen, finden wir eine sehr entschiedene Andeutung über ihren ursprünglichen Zustand in der Lagerung und in der Form ihrer an Dichte verschiedenen Schichten. Dass die Dichte der einzelnen Massen, aus denen der Erd-

körper besteht, nicht durchaus die gleiche sein kann, wird zunächst schon in vorhinein klar, sobald wir die Verschiedenheit des Druckes in Betracht ziehen, welchem die einzelnen Schichten unterliegen. In einer Tiefe von 11½ Meilen unter der Erdoberfläche würde selbst die Luft bereits so verdichtet sein, dass Gold auf ihr schwimmen könnte. Es ist klar, dass die Dichte mit der Annäherung an den Erdmittelpunkt wachsen muss. Ueberzeugend für die ungleiche Dichte der Erdmasse spricht aber die Thatsache, dass das Gesammtgewicht der Erde, wie solches aus strengen astronomischen Beobachtungen ermittelt wurde, nur dann erklärlich ist, wenn man den inneren Massen eine grössere Dichte gibt, als jenen an der Oberfläche. Würde die ganze Masse von der Dichte der Oberfläche sein, dann wäre ihr specifisches Gewicht nur 2,75, während es in der That 5,5 beträgt.

Es lässt sich nun sehr scharf zeigen, dass diese Massen verschiedener Dichte sowohl in ihrer Lagerung als auch in ihrer Form den einstigen flüssigen Zustand der ganzen Masse beweisen.

a) Lagerung der Schichten.

I. Die verschiedenen Schichten*) der Erde sind in ihrer Dichte nach dem Gesetze der Flüssigkeit gelagert, d. h. die Dichtigkeit ist von der Oberfläche bis zum Mittelpunkte in allmälicher und beständiger Zunahme begriffen. Wir besitzen

*) Ich brauche wohl kaum darauf hinzuweisen, dass hier stets die Bezeichnung „Schichten“ nicht im geologischen, sondern nur im geometrischen Sinne zu nehmen ist.

gegenwärtig drei von einander ganz unabhängige Methoden, die innere Lagerung der Massen unseres Planeten zu untersuchen. Sie beruhen auf den Beobachtungen des Pendels, des Mondlaufes und des Vorrückens der Nachtgleichen (Präcession). Wenn diese Forschungen in ihrem Resultate schliesslich unter sich übereinstimmen, so liegt darin ein unumstösslicher Beweis, dass jene Voraussetzung, jene Hypothese, welche bei allen als Grundlage genommen wurde, in der That der Wahrheit entsprechen muss.

1. Das Pendel gibt durch die Anzahl seiner Schwingungen in einer bestimmten Zeit an jedem Punkte der Erde den Betrag der Massenanziehung. Dieser Betrag hängt nun sowohl von der Grösse der Masse, als auch von ihrer Entfernung (Tiefe) ab, oder mit einem Worte: von der Lagerung der verschiedenen Schichten nach ihrer Dichte. Das Gravitationsgesetz gibt uns ein untrügliches Mittel an die Hand, die Anzahl der Pendelschwingungen für jeden Punkt der Erdoberfläche zu berechnen, unter der Voraussetzung, dass für die Entfernung der Schichten gleicher Dichte eine bestimmte Annahme gemacht werde. Anderseits lässt sich diese Anzahl der Schwingungen an vielen Punkten der Erdoberfläche thatsächlich beobachten, und so ist uns Gelegenheit gegeben, durch Vergleichung der Beobachtung mit der Berechnung zu beurtheilen, bis zu welchem Grade jene Annahme richtig ist. Es hat sich nun ergeben, dass eine genügende Uebereinstimmung nur dann ersichtlich war, sobald die Rechnung von der Voraussetzung

ausging, dass die Schichten nach dem Gesetze der Flüssigkeit gelagert seien. Keine andere Annahme leistet der Beobachtung Genüge; nur unter dieser zeigt die Rechnung, dass sich die Schwere mit dem Quadrate des Sinus der Breite ändert,*) was durch die Beobachtung bestätiget wird. Die kleinen Unterschiede, welche noch zwischen dem Rechnungs- und dem Beobachtungsresultate übrig bleiben, können durch die Unregelmässigkeiten der Erdoberfläche genügend erklärt werden. Würden diese Unregelmässigkeiten der Massenvertheilung auch durch das ganze Erdinnere sich vorfinden, dann müssten die Differenzen so gross ausfallen, dass an eine Berechnung der Pendelschläge überhaupt nicht mehr gedacht werden dürfte.

Die Pendelschwingungen nehmen ohne Sprünge vom Aequator zu den Polen allmählich zu, ein deutlicher Beweis, dass auch in der inneren Lagerung der Massen keine plötzlichen Uebergänge vorkommen. Versucht man den inneren Schichten eine andere Lagerung zu geben, indem man z. B. die ganze Masse in vier Schalen und einen Kern theilt, wovon Dicke und Halbmesser ein Fünftel des Erdhalbmessers betragen, und nimmt man an, dass die zweite Schale an Dichte um ein Siebentel wächst, während die dritte um ein Fünftel abnimmt, so zeigt sich, dass schon diese kleine Aenderung eine merkbare Verschiedenheit der Pendelschwingungen zur Folge haben würde. Oder, wenn man der ganzen Erde die gleiche Dichte mit der Oberfläche gibt, und den Ueberschuss der Masse nach irgend welchem Gesetze in sphärische Schalen vertheilt, so

*) Newton: Principia lib. III. prop. 20.

würde überall der Zuwachs der Pendelschwingungen zu dem Betrage derselben am Aequator nur halb so gross sein, als die Beobachtungen lehren. Dass der Massenüberschuss in dem als homogen vorausgesetzten Erdsphäroide nicht unregelmässig vertheilt sein kann, beweist die oben erwähnte Gleichförmigkeit in der Zunahme der Pendelschwingungen. Die Vertheilung derselben in sphärische Schalen ist noch die günstigste Annahme, welche die Vertheidiger des festen Erdkernes machen können. Denn jede Abweichung von der sphärischen Form der inneren Schalen (ausser der eines Rotationssphäroides) vergrössert den Unterschied zwischen Rechnung und Beobachtung in noch viel höherem Grade. Irregulär im Inneren zerstreute Massen würden einen sehr merklichen Einfluss auf das Pendel zeigen; es würde z. B. das Pendel sogleich verrathen:

a) Ein Lager von 38 Meilen Durchmesser, dessen Masse $= \frac{1}{72000000}$ der Erdmasse in 200 Meilen Tiefe.

b) Ein Lager von 26 Meilen Durchmesser, dessen Masse $= \frac{1}{19000000}$ der Erdmasse in 100 Meilen Tiefe.

c) Ein Lager von 94 Meilen Durchmesser, dessen Masse $= \frac{1}{25000}$ der Erdmasse in 600 Meilen Tiefe.

Bisher hat das Pendel noch nirgends solche Unregelmässigkeiten im Inneren verrathen.

2. Der Mondlauf. Unter den zahllosen Unregelmässigkeiten des Mondlaufes finden sich mehrere, welche in der Höhe, bis zu welcher der Mond über die Ebene der Erdbahn aufsteigt, ersichtlich werden. Eine

dieser Schwankungen hat ihren Grund in der Abplattung der Erde oder, wie man besonders in diesem Falle sich ausdrücken sollte, in der Massenanhäufung um den Erdäquator. Wäre die Erde eine vollständige Kugel, so würde sie in jeder Lage auf den Mond (bei gleicher Entfernung) immer die gleiche Anziehung ausüben, weil die anziehende Masse in jeder Richtung dieselbe Vertheilung zeigen müsste. Nachdem sich aber am Aequator ein Massenüberschuss vorfindet, der nothwendig zugleich auch mit einem Anziehungsüberschuss verbunden ist, so wird klar, dass die Wirkung dieses letzteren dahin gehen muss, den Mond mehr in die Aequatorialebene herabzuziehen, als dies sonst der Fall wäre. Da man nun diesen Effekt aus den Beobachtungen kennt, so liegt die Möglichkeit vor, daraus auf die Ursache zurückzuschliessen, d. h. die Abplattung zu berechnen. Allein auch hier hängt der Effekt, und somit die Richtigkeit des Resultates, von der inneren Lagerung der Massen ab, und zwar aus dem nämlichen Grunde, den wir beim vorigen Beweise namhaft gemacht haben. Was dort das Pendel war, das ist hier der Mond: ein in seinen feinsten Bewegungen nicht nur von der Gesammtmasse der Erde sondern auch von der Vertheilung der einzelnen, ungleich dichten Schichten abhängiger Körper. Es muss also vor Beginn der Rechnung auch hier eine Annahme über die Art der Lagerung gemacht werden. Und da zeigt es sich, dass nur unter der Hypothese der Flüssigkeitslagerung ein den Beobachtungen genügendes Resultat zu Tage tritt. *) Man hat auf diese Weise

*) Laplace: Mécanique céleste t. III. p. 282.

die Abplattung $= \frac{1}{303}$ gefunden. Geodätische Messungen ergaben $\frac{1}{294}$.

3. Die Präcession. Nach der bekannten Gegenseitigkeit aller Massenanziehung wirkt nicht nur die Erde auf den Mond, sondern auch dieser auf die Erde; also im Besonderen: nicht bloss der Aequatorialüberschuss auf den Mond, wie wir im vorigen Absatze gesehen haben, sondern auch der Mond auf jenen Ueberschuss. Und wie die Tendenz solcher Anziehung von Seite des Aequatorialwulstes darauf hinauslief, den Mond zur Aequatorebene herabzuziehen, so geht auch das Streben des Mondes darauf hinaus, den Aequatorialwulst in seine Bahnebene, annähernd zur Ebene der Ekliptik, heranzubringen. Die Ekliptik durchschneidet den Aequator bekanntlich in einem Winkel von 23½ Grad; die beiden Durchschnittspunkte heissen die Nachtgleichen. Man kann sich den Aequatorialwulst zur besseren Einsicht in den Effekt dieser Mondanziehung aus einer Reihe von aneinanderhängenden einzelnen Körpern bestehend denken, welche die kugelförmige Erde in 24 Stunden von West nach Ost umkreisen. Jeder einzelne dieser Körper wird vom Monde in die Ekliptik, die er innerhalb 24 Stunden zweimal durchschneiden muss, herangezogen und durchschneidet sie demnach jedesmal früher, als es ohne die Mondanziehung der Fall wäre; daraus sieht man, dass die Durchschnittspunkte nicht die gleichen bleiben, sondern auf der Ekliptik immer früher zu liegen kommen, oder mit anderen Worten, dem umkreisenden Körper entgegenrücken; sie bewegen sich demnach von Ost nach West. Dieses, unter der Benennung des Vorrückens der Nachtgleichen oder der Präcession bekannte Phä-

nomen äussert sich in der allmählich wachsenden Länge der Fixsterne, die von West nach Ost gezählt wird, und wurde auch dem Betrage nach schon seit 2000 Jahren beobachtet. Aus dem bekannten Betrage dieser Bewegung lässt sich aber auf die Stärke der Ursache zurückschliessen, d. h. man kann daraus die Masse des Aequatorialwulstes berechnen.*) Soll nun daraus die Abplattung gefunden werden, so ist zuvor die Aufstellung einer Hypothese über die innere Lagerung der ungleich dichten Massen nothwendig. Auch hier führt die Rechnung nur unter der Annahme einer inneren Massenvertheilung nach dem Gesetze der Flüssigkeit zu dem mit den geodätischen Messungen nahe übereinstimmenden Resultate eines Abplattungswerthes von $\frac{1}{304}$.

II. Eine ursprünglich starre Masse kann nicht durchaus nach dem Gesetze der Flüssigkeit gelagert sein. Die Lagerung nach diesem Gesetze kann nur dort erfolgen, wo die kleinsten Massentheilchen sich noch frei nach den Anforderungen der Schwerkraft bewegen konnten, wenigstens in dem Grade, wie es der Begriff, den wir mit dem Worte „Flüssigkeit“ verbinden, gestattet. Wo aber die ganze Masse sich im Zustande der Erstarrung befindet, da tritt den Theilchen, in ihrem Bestreben der Schwerkraft zu folgen, die Festigkeit der Masse entgegen. Es ist hiebei wohl zu beachten, dass mit dem richtigen Satz: „Grosse starre Massen verhalten sich wie weiche,“

*) In Wirklichkeit ist nicht bloss der Mond, sondern auch die Sonne, und von den Planeten Jupiter und Saturn bei dieser Verrückung thätig. Den stärksten Effect jedoch bewirkt der Mond.

durchaus nicht gesagt ist, dass sie sich auch wie flüssige verhalten; indem jener Satz sich auf die äussere Form, nicht aber auch auf die innere Anordnung in der Lagerung der einzelnen Schichten bezieht. So wird z. B. eine unregelmässige Vertheilung der starren Massen verschiedener Dichte wohl durch das Flüssigwerden, nie aber durch die Schwere allein ausgeglichen.

Die thatsächliche Lagerung der inneren Schichten ist daher ein Beweis für ihren einstigen Flüssigkeitszustand. Nur in einem einzigen Falle, wenn sich nämlich die Erde allmählich aus kleinen, aus dem Weltraume auf sie stürzenden Körperchen gebildet hätte, liesse sich jene Lagerung einigermassen mit einer ursprünglichen Starrheit vereinen. Allein dieser Annahme stehen gewichtige Bedenken entgegen, als z. B.: die Beschaffenheit der Erdoberfläche; die grosse Regelmässigkeit, welche in der Ablagerung an den verschiedensten Punkten geherrscht haben müsste, um jenen, der Flüssigkeit eigenen Gleichgewichtszustand allseitig zu erhalten — eine Regelmässigkeit, die in nichts ihre Begründung fände; endlich die Abwesenheit von Meteoriten in allen jenen Gebilden, welche älter sind, als das Alluvium.

b) Form der Schichten.

Die Form eines Körpers bestimmt sich durch das Zusammenwirken verschiedener Kräfte, von denen wir hier nur die vorzüglichsten betrachten wollen, als: die Schwerkraft, die Rotationskraft und die bei Erstarrung in Thätigkeit kommende Steigerung der

Cohäsionskraft. Mit dem Nachweis der nur theilweisen Störung der beiden ersteren durch die dritte an der Oberfläche, und ihrer ungestörten Wirkung im Inneren der Erde ist der flüssige Zustand der ganzen Erdmasse nicht nur für die Vergangenheit, sondern — was den grössten Theil derselben betrifft — auch für die Gegenwart dargethan.

α) *An der Oberfläche.*

1. Die Oberfläche der Erde im Allgemeinen ist eine Gleichgewichtsoberfläche, d. h. sie würde ihre Form durch den Uebergang in den Zustand der Flüssigkeit wesentlich nicht ändern. Wir sehen dies an der allgemeinen Uebereinstimmung der Conturen des Festlandes mit jenen des Meeres. Die Erhebungen über die Meeresfläche sind verhältnissmässig so gering, dass sie bei der Frage nach der Form der ganzen Erde gar nicht in Betracht kommen. Dass auch der Meeresboden sich nicht in stärkerem Maasse von dem Meeresniveau entfernt, ersehen wir aus der gleichförmigen Verbreitung der Wassermassen über die Erdkugel und dem stabilen Gleichgewichte derselben. Die Tiefensonden in neuester Zeit ergaben dasselbe Resultat; ja, sie zeigten sogar, dass der Meeresgrund viel ebener ist, als das Festland.*) Dies alles wäre kaum denkbar,

*) Prof. Peschel sagt in seinem Buche: Neue Probleme der vergleichenden Erdkunde: „Nichts berechtiget uns zu der Vorstellung, dass sich der Meeresgrund falte, wie die Oberfläche des festen Landes, dass dort Massengebirge aufgestiegen sind, oder aufsteigen können, dass die Weltmeere mit einem Worte ihre Alpen, Pyrenäen, ihren Kaukasus, ihren Himalaya, ihre Anden oder Cordilleren besitzen sollten“. Des-

wenn die Erde ursprünglich starr und die Wassermassen sich nach einer bestimmten Form der festen Oberfläche zu gruppiren gezwungen gewesen wären. Man sieht daraus, dass sich die Oberfläche nach den Anforderungen der Schwere gestaltete.

2. Die bedeutendste Störung erlitt die Schwere durch die Rotation der Erde. Denn, dass die in der Abplattung zu Tage tretende Abweichung der Oberfläche von der durch die Schwere angestrebten Kugelform ihren Grund in der Schwungkraft hat, geht nicht nur daraus hervor, dass die Abplattung an den Rotationspolen, resp. die Massenanhäufung am Aequator, sich zeigt, sondern auch aus dem Betrage der Abweichung. Es lässt sich nämlich die Gestalt eines ursprünglich kugelförmigen, flüssigen und sich nur unter dem Einflusse der Rotation abplattenden Körpers berechnen, sobald man das Gesetz kennt, nach welchem die innere Dichte fortschreitet. Unter der Annahme, dass sich das Quadrat der Dichte der inneren Schichten wie der Druck ändere, findet man die Abplattung $= \frac{1}{293}$. Damit ist zugleich der Einwand widerlegt, welcher in neuester Zeit gegen den Schluss von der Abplattung auf den einstigen flüssigen Zustand erhoben wurde. Man behauptet,*) die Abplattung des Festlandes sei nur eine Folge der Meeresabplattung, insofern das Meer im Laufe der Zeiten die ursprünglich feste, nicht abgeplattete Oberfläche abnagte, und seinem durch die

gleichen bemerkt Capitän Gerard Osborne in einem Vortrage, den er am 29. November 1870 in der geographischen Gesellschaft zu London gehalten: „Der Meeresboden ist eben und durchschnittlich kaum 3000 Faden tief".

*) So Bischof, Mohr, Volger u. A.

Rotation abgeplatteten Niveau conform zu machen bestrebt war. Auch die Verwitterung durch die Atmosphäre soll das ihrige dazu beigetragen haben. Der Meeresboden wird noch als kugelförmig dargestellt. Wäre diese Ansicht richtig, so müsste:

a) Der Betrag der Abplattung viel geringer sein, als er in der That erscheint.

b) Die abplattende Wirkung des Meeres müsste dort am grössten sein, wo dessen Masse am grössten ist, d. h. am Aequator, am kleinsten an den Polen. Dies widerspricht aber allen Beobachtungen.

Sonach stand den Theilchen der rotirenden Erdmasse in ihrer Tendenz, sich am Aequator zu erheben, keine andere Kraft als die Schwere entgegen; sie mussten demnach im flüssigen Zustande sein.

3. Die kleine Abweichung von der durch Schwere und Rotation bedingten Gestalt der Erdoberfläche, die sich in den Gebirgsmassen kundgibt, weit entfernt ein Argument gegen die hier vertretene Ansicht zu bilden, zeigt vielmehr deutlich:

a) Welche Unregelmässigkeiten nach Form und Dichte in dem starren Theile der Erdmasse auftreten. Es ist gar kein Grund vorhanden zur Annahme, dass bei einer ursprünglichen Starrheit der ganzen Masse die Lagerung im Innern eine regelmässigere als auf der Oberfläche sein könne.

b) Auch die Structur der Gebirge und die darauf gegründete Theorie ihrer Entstehung lässt die Ansicht eines ehemaligen flüssigen Zustandes gerechtfertiget erscheinen, und wenn noch einige Räthsel in dieser Beziehung übrig geblieben sind,

so kann es doch keinem denkenden Naturforscher beifallen, mit zwei zweifelhaften Zeugnissen hundert andere, die deutlich das Gegentheil beweisen, über den Haufen werfen zu wollen.

β) *Im Inneren.*

1. Dass die Schwere auch im Inneren wesentlich unbeirrt ihre Wirkung entfalten konnte, d. h. dass auch hier die Theilchen im flüssigen Zustande waren, beweist die sphärische Gestalt der inneren Schichten gleicher Dichte:

a) Wie das Pendel in seiner Bewegung uns Aufschluss gab über die Lagerung, so belehrt es uns in seiner Ruhe über die Form der inneren Schichten. Die Richtung des ruhenden Pendels, d. i. des Lothes, ist bestimmt durch die Resultirende aller von den einzelnen Theilchen der Erdmasse ausgehenden Anziehungen. Da überall auf der ganzen Erde das Pendel im allgemeinen senkrecht auf der Erdoberfläche steht, so ist damit bewiesen, dass die Resultirende aller partiellen Anziehungen durch den Erdmittelpunkt geht.*) Hieraus folgt, dass die Massenvertheilung im Inneren für jeden Punkt der kugelförmigen Erdoberfläche dieselbe bleibt; diese Eigenschaft besitzt aber nur die Kugel. Nachdem jedoch die Massen, wie wir oben gezeigt, verschiedene Dichte haben, so folgt,

*) Da es sich hier noch um eine allgemeine Form handelt, so dürfen die kleinen, von der Abplattung und den localen Anziehungen herrührenden Differenzen nicht berücksichtiget werden.

dass jede Schichte von bestimmter Dichte in Form einer Kugelschale, mit den übrigen Kugelschalen concentrisch, gelagert ist.

b) Die Schwere auf der Erdoberfläche wächst mit dem Quadrate des Sinus der geographischen Breite. Nun aber hat Laplace analytisch gezeigt, dass dies nur bei einer Gleichgewichts-Oberfläche und einer nahezu sphärischen Form der inneren Schichten möglich ist.

2. Die einzige Abweichung von der solchermassen durch die Schwere bestimmten Gestalt der inneren Schichten ist abermals die Abplattung. Es ist von höchstem Interesse, zu sehen, wie sich diese auch im Erdinnern nachweisen lässt. Wir haben pag 145 bei einer fingirten, von dem Flüssigkeitsgesetze abweichenden Anordnung der inneren, sphärisch gedachten Schichten erwähnt, wie das Pendel sich zu einer solchen Anordnung verhalten würde. Aber noch empfindlicher zeigt es sich für jede Aenderung der Form der inneren Schalen, und zwar derart, dass eine Aenderung der rein kugelförmigen Gestalt in anderer Richtung, als die Rotation verlangt, die Differenzen zwischen Beobachtung und Berechnung der Pendelschwingungen steigert, während jede Aenderung in einem der Rotationsabplattung conformen Sinne sie bis zu einem gewissen Grade verschwinden macht. Dies ist wohl für jedermann ein sprechender Beweis, dass die innere Masse an der Abplattung ebenso Theil nahm, als die äussere, und sich daher in einem Zustande befinden musste, der ihr dies gestattete. Hiermit fallen auch alle Hypothesen von einer bloss äusseren, durch Abnagung und Ver-

witterung wirkenden Ursache der Abplattung. Ausserdem stimmt auch die Grösse des Werthes, welcher natürlich von aussen nach innen abnehmen muss, unter Annahme des oben erwähnten Dichtigkeitsgesetzes so gut mit der Beobachtung, dass an eine Störung durch Cohäsion, wie sie doch bei einem ursprünglich starren Körper in merklichem Grade vorkommen müsste, nicht zu denken ist.

Wir können diesen Absatz nicht schliessen, ohne der einschlägigen Studien des englischen Physikers Sir William Thomson zu gedenken, der mehr als irgend einer seiner Collegen sich mit dieser Frage mathematisch beschäftiget hat. Die mathematische Behandlung ist jedoch ohne gewisse hypothetische Annahmen, welche dem analytischen Gebäude als Grundlage dienen, nicht möglich. Wie auch immer das Resultat ausfallen mag, stets wird man dasselbe nach der grösseren oder geringeren Berechtigung jener hypothetischen Annahmen zu beurtheilen haben. In ihnen liegt das Wesen der Antwort; der mathematische Theil gibt nur die Form derselben, deren Eleganz uns nicht blenden darf. Thomson sagt: „Zunächst werden wir voraussetzen, dass die Erde zu einer Zeit aus einem festen Kern bestand, der überall mit einem sehr tiefen Ocean geschmolzener Felsmassen bedeckt und der Abkühlung durch Ausstrahlung in den Weltraum überlassen war. Dies ist der Zustand, in welchen ein kalter Körper, der viel kleiner als unsere Erde ist, durch den Zusammenstoss mit vielen noch kleineren kalten Körpern gelangen würde, und steht daher in Uebereinstimmung mit der Hypothese über die Vorgeschichte der Erde, die wir als eine wahr-

scheinliche ansehen können. Es ist darin als ein besonderer Fall die mehr verbreitete Annahme enthalten, dass die Erde vollständig geschmolzen war, ein Zustand, der durch den Zusammenstoss von zwei nahezu gleichen Massen hätte herbeigeführt sein können. Die Beweise, welche die meisten Geologen zu der Ueberzeugung gebracht haben, dass die Erde einen feurig-flüssigen Anfang hatte, beziehen sich aber nur auf eine sehr kleine Tiefe unterhalb der Oberfläche und liefern uns durchaus kein Mittel, zwischen den wirklich stattfindenden Erscheinungen und denjenigen zu unterscheiden, die sich ergeben haben würden, wenn die Erde entweder eine vollständige Kugel flüssiger Felsmasse oder ein bis zu einer Tiefe von mehr als 50 bis 100 Meilen mit einer solchen Flüssigkeit bedeckter fester kalter Kern gewesen wäre".*)

In dieser Erörterung ist nur Rücksicht genommen worden auf „die Beweise, welche die meisten Geologen zu der Ueberzeugung gebracht haben, dass die Erde einen feurigflüssigen Anfang hatte." Wir haben bereits oben (pag. 142) die trefflichen Worte Dr. Hermann J. Klein's citirt, welche die Richtigkeit der Laplace'schen Theorie betonen. Es gibt demnach auch Beweise, welche die meisten Astronomen zu jener Ueberzeugung gebracht haben und welche zugleich auch das Gebiet der Geologie und Physik enge berühren, also viel mehr Rücksicht verdienen, als jene älteren, rein geologischen, die sich „nur auf eine sehr kleine Tiefe unterhalb der Oberfläche" beziehen. Die That-

*) Thomson und Tait: „Handbuch der theoretischen Physik", deutsch von Dr. H. Helmholz und G. Wertheim. Braunschweig 1874. I. B. 2. Th. pag. 447.

sachen, auf welche sich diese Beweise stützen, liefern trotz ihrer Mannigfaltigkeit harmonisch zusammenklingend ein so einheitliches Zeugniss, dass in neuester Zeit auch die Geologen darauf zu achten beginnen und in den letzten Jahren kaum ein geologisches Lehrbuch erschienen ist, in welchem der Name Laplace, den Thomson nirgends erwähnt, fehlte. Es liegt daher nicht mehr in unserer Willkühr, ob wir annehmen, dass die Erde ursprünglich nur an der Oberfläche, oder, dass sie durch die ganze Masse heissflüssig war. Zur Begründung der ersteren Annahme wäre eine Hypothese nothwendig, die ohne irgend welche physikalische oder kosmologische Stütze ganz vereinzelt dastehen oder vielmehr vollständig in der Luft schweben würde. Ein Zusammenstoss aber von der bedeutenden Wirkung für die ganze Erdoberfläche, wie sie sich Thomson denkt, müsste eine bleibende Spur, nämlich eine grosse Excentricität der Erdbahn erzeugt haben.

II. Die Erstarrung ist durch Abkühlung vor sich gegangen.

Auch hier müssen wir zunächst daran erinnern, dass diejenigen, welche die Erstarrung aus dem nasskalten Zustande behaupten, für diese Ansicht Zeugnisse beibringen, welche auf kein allgemeines Gesetz sondern nur auf Ausnahmen hinweisen. Anders verhält es sich mit der Abkühlungstheorie.

1. Wir haben bei den astronomischen Zeugnissen aus den Bahnverhältnissen der Planeten die grosse Wahrscheinlichkeit nachgewiesen, dass diese Himmels-

körper ihren Ursprung durch Ablösung aus der Sonne genommen und sich demgemäss in flüssigem Zustande befunden haben. Daraus folgt sogleich, wenigstens für die erste Periode der Selbständigkeit, eine Uebereinstimmung mit dem Centralkörper auch bezüglich der Temperatur. Dass diese auf der Sonne eine hohe sei, wird wohl keines weiteren Nachweises bedürfen. Demgemäss muss auch die Erde ursprünglich eine sehr hohe Temperatur besessen haben.

Auch die Frage, woher die ursprünglich hohe Temperatur der Sonne überhaupt stamme? ist unserer Zeit nicht mehr unlösbar. — Professor Redtenbacher sagt darüber: „Unsere Principien der Mechanik in Verbindung mit unserer Grundanschauung von der Beschaffenheit der Materie genügen vollkommen zur Erklärung des feurigflüssigen Zustandes der Himmelskörper. Wir brauchen kein Schöpfungswunder, brauchen auch keine chemischen Actionen, keine Verbrennungsprocesse anzunehmen, sondern diese Wärmeentwicklungen folgen aus rein mechanischen Vorgängen, die durch die allgemeine Gravitation mit Nothwendigkeit entstehen mussten, nämlich durch die unter der Einwirkung der Gravitation geschehenen Ballungsacte. Wir nehmen an, dass diese Feuerbälle nicht als solche geschaffen wurden, sondern, dass sie einstens aus grossen Quantitäten Materie entstanden sind, die vor der Bildung dieser Bälle im Weltraum als Dunst- und Staubmasse vorhanden waren. Da sich vermöge der Gravitationskraft je zwei Theilchen einer solchen Dunstmasse mit einer Kraft anziehen, welche der Summe ihrer Masse direct und dem Quadrate ihrer Entfernung verkehrt proportional ist, so muss in einer solchen

Dunstmasse nothwendig eine Tendenz vorhanden sein, sich zusammenzuballen, sich zu einer kugelförmigen Masse zu concentriren. Durch die dabei stattfindende Annäherung je zweier Theilchen wird aber eine sicher berechenbare Wirkungsgrösse entwickelt; durch die wechselseitige Annäherung aller Theilchen muss daher eine ganz colossale Gesammtwirkung ausgeübt werden, die sich nothwendig auf irgend eine Weise manifestirt. Dieser Ballungsact ist so zu sagen ein centripetaler Zusammensturz. Alle Massen nähern sich anfangs, so lange sie noch weit von einander entfernt sind, nur langsam, aber allmählich schneller und schneller und stürzen zuletzt mit einer Hast, die jede Phantasievorstellung übersteigt, nach dem gemeinsamen Schwerpunkt des ganzen Massensystems hin. — Ist dies geschehen, so muss in der ganzen Masse ein Erschütterungszustand heftigster Art vorhanden sein und dieser wird, wie in allen anderen ähnlichen Fällen vom Aether der Dynamiden aufgenommen. Der Aether der geballten Masse nimmt also schliesslich die ganze enorme, bei dem Ballungsacte durch die Gravitationskraft entwickelte Wirkung in sich auf, und dass dadurch Wärme und Licht nicht nur entstehen kann, sondern entstehen muss, wird jedermann einsehen, der mit den Grundsätzen der Mechanik und den neueren Wärmetheorien vertraut ist.“ *) Nach einigen analytischen Entwicklungen kommt sodann Redtenbacher zu dem Resultate, dass die Ballungswirkung der fünften Potenz des Radius des

*) Redtenbacher: „Die anfänglichen und die gegenwärtigen Erwärmungszustände der Weltkörper“. Mannheim 1861. Vgl. auch: De Faye's Abhandlung in den Compt. rend. 1865, Nr. 3 u. 4.

entstandenen Balles und die Temperatur der geballten Masse dem Quadrate desselben proportional ist, dass sich also die mittleren Temperaturen der Weltkörper nach dem Ballungsacte wie die Quadrate ihrer Halbmesser oder wie ihre Oberflächen verhalten. — Demnach erhält man für die ursprüngliche Temperatur der Sonne 178.075.200° C. Professor Zöllner findet für die Gegenwart aus Protuberanzen-Beobachtungen, dass die Temperatur des inneren Raumes der Sonne, aus welchen eine Protuberanz von 3 Minuten Höhe hervorbricht, nur mehr 74.910° C. betrage, was auf eine beträchtliche Abkühlung dieses Himmelskörpers seit seiner Enstehung schliessen lässt.

2. Dass die Temperatur der Erde dereinst eine relativ sehr hohe war, beweisen die Spuren tropischer Fauna und Flora durch die ganze Oberfläche und die üppige Lebenskraft, die sich in den Dimensionen jener Geschöpfe äusserte. Man hat diese Thatsachen durch astronomische Verhältnisse (Stellung der Erdachse u. s. w.) zu erklären versucht, aber stets mit Verwahrung der Astronomen. Es ist viel einfacher und weniger gegen die Thatsachen der Beobachtung verstossend, anzunehmen, dass diese Wärme aus der Erde selbst stammte, jedoch allmählich bis zu ihrem gegenwärtigen Betrage herabsank.

3. Durch das allmähliche Entweichen der Eigenwärme unseres Planeten ist die Erstarrung der Erdoberfläche möglich geworden. Ein Zeugniss, dass sie auch wirklich auf diese Weise vor sich gegangen, liefert der Umstand, dass die Dichte der Erdmasse unter den Gebirgen geringer als unter Ebenen, unter letzteren wieder geringer als unter Meeren be-

funden wurde. So kam man aus der geringeren Abweichung der Lothlinie an den Pyrenäen, z. B. auf die Meinung, dass unter diesen Gebirgsmassen ein hohler Raum existire.*) Ganz derselbe Fall trat auch bei der Gradmessung in Peru, hinsichtlich des Chimborazo ein.**) Bezüglich der Umgebung des Himalaya ist man zu ähnlichen Resultaten gelangt.***) Endlich fand erst unlängst der kais. russische Oberst Studnicki, dass am südlichen Fuss des Kaukasus, in der vulkanischen Umgebung von Tiflis und Schemacha, das Pendel von der Gebirgsmasse nicht nur nicht angezogen, sondern sogar abgestossen wird, was offenbar auf eine ausserordentlich geringe Dichte des Bodens hinweist. Für denjenigen, der die Urgebirgsketten als Massen, aus Spalten der ersten Erdkruste emporgestiegen, ansieht, haben diese Thatsachen gar nichts Befremdendes. Was aber die überwiegende Dichte des Meeresbodens betrifft, so findet sie ihre Erklärung in der von uns aufgestellten Ansicht, dass alle abkühlenden Himmelskörper durch die Bildung von Erstarrungscentren eine zweifache Bodenart erhalten; den Boden erster Abkühlung, eine dichte, glatte, feste, wenig durchbrochene, ein tieferes Niveau einnehmende Gleichgewichts-Oberfläche, und die vom Erstarrungscentrum entferntere, dünne, später häufig durchbrochene Rinde mit höherem Niveau. Das tiefere Niveau wurde später der Behälter, wo sich die letzten Wasserreste ansammelten, der Meeresboden. Die dünnere Kruste bildete das Festland. So finden die ungleichen

*) Compt. rend. t. 29, p. 730.

**) Condamine: „Voyage à l'Equateur, p. 68—70.

***) Pratt: „Treatise on attractions", p. 134.

Dichtigkeitsverhältnisse ihre einfachste Erklärung. Aber auch am Monde finden wir diese auffallende Differenz des Bodens. Dass man schon nach den ersten Mondbeobachtungen mit dem Fernrohr die glatten Regionen der Oberfläche „Mare“ — Meere nannnte, ist wohl nur ein Spiel des Zufalles. Aber soviel ist einleuchtend, dass — wenn heute der Mond plötzlich bewässert würde – sich seine Wässer, soweit es die unregelmässige Gestalt unseres Trabanten nur immer gestattet, über dem Mare-Boden sammeln müssten. Die Analogie zwischen unserem Meeresboden und den Maren des Mondes ist nicht mehr zu leugnen, seit die Tiefensonden der neuesten Zeit ganz unerwartete Aufschlüsse über die ebene Gestaltung des ersteren zu Tage gefördert haben. Wenn aber jemand behaupten sollte, dass die abnagende Wirkung des Wassers allein im Stande war, jenen Unterschied zwischen dem glatten Meeresboden und dem massengekrönten Festlande zu schaffen, so muss er consequenter Weise die Behauptung nachfolgen lassen, dass das Festland niemals von Wasser bedeckt war, was offenbar absurd wäre. Noch ist die Zeit des definitiven Beweises nicht gekommen, doch haben wir aus einer ausgebreiteten Gruppe von zusammenklingenden Thatsachen die Ueberzeugung geschöpft, dass die Bedingungen für so bedeutende Niveaudifferenzen durch die ungleiche Erstarrungszeit der Oberfläche uranfänglich gegeben war, dass die beiden so verschiedenen Bodenarten nichts anderes sind, als das Resultat der früheren Existenz von grossen Krustencomplexen neben grossen, noch gar nicht zur Erstarrung gekommenen Regionen der Oberfläche. Erstere konnten nur wenig oder gar

nicht mehr durchbrochen werden zu einer Zeit, wo sich über die letzteren erst eine dünne Rinde zu bilden begann, die häufig zerrissen in ihrer Festigkeit sowohl als in ihrer Dichte eben deshalb weit hinter dem ersten Erstarrungscomplexe (Hartboden, Mare) zurückblieb. So ist nicht nur die grössere Dichte, sondern auch das jetzt noch fortdauernde Sinken des Meeresboden, wie es an der Südsee so klar zu Tage tritt, ein Zeugniss für unsere Ansicht und Alles, was ein sorgfältiges Studium der Mondoberfläche bietet,*) steht damit auf überraschende Weise in Einklang. Demnach zeigen die Volumina der starren Bestandtheile der Erdoberfläche dasselbe Verhalten zu ihrer Dichte, wie bei einer durch Abkühlung erstarrten Schichte von ursprünglich gleicher Dichte.

III. Die Erdmasse ist theilweise noch gegenwärtig flüssig und heiss.

Alle im vorhergehenden enthaltenen Beweise, welche darthun, dass die inneren Massen der Erde gegenwärtig nach dem Gesetze der Flüssigkeit angeordnet sind und dass die Lagerung und Form der Schichten nur durch die Schwere und Rotation bestimmt wurden, bezeugen zugleich den gegenwärtigen flüssigen Zustand des grössten Theiles der inneren Erdmasse.

1. Wie wir soeben gezeigt, ist die Erstarrung durch Abkühlung vor sich gegangen; damit ist aber eine Aenderung der Dichte verbunden; diese hätte wieder ebenso wie an der Oberfläche, auch im Inneren

*) Vgl. darüber „Grundzüge", Seite 409—458.

die ursprüngliche Lagerung der Schichten gleicher Dichte gestört, und zwar in desto höherem Grade, je ungleichmässiger die Erstarrung nach Zeit und Raum vor sich gehen müsste. Wir können uns durch Experimente überzeugen, und das tägliche Leben bietet deren eine grosse Anzahl, dass die Stoffe gleicher Dichte nicht auch das gleiche Verhalten bei der Erstarrung zeigen. Deshalb hätte bei dem Uebergange in den festen Zustand die — nur durch den Flüssigkeitszustand bewirkte — Anordnung der Massen im ganzen Erdsphäroid geändert werden müssen, und wenn diese Aenderung auch nur in dem Maasse stattgefunden hätte, wie bei der Erdoberfläche, so müssten, weil alle Schichten der Erde davon betroffen worden wären, die Wirkungen auf das Pendel bedeutend sein und plötzliche Uebergänge, Abweichungen von der Berechnung in seinem Verhalten fast an allen Orten auftreten, so dass der Gedanke, durch das Pendel die Gestalt der Erde zu finden, gar keinen Sinn mehr hätte.

2. Man könnte einwenden, dass der gleichmässige Druck der oberen Schichten auch die Gleichmässigkeit der Erstarrung im Innern begünstigte. Allein, wenn man dies selbst von dem durch die Schwere bewirkten ursprünglichen Drucke zugeben wollte, so lässt sich die Meinung bei fortschreitender Erstarrung der drückenden Massen nicht mehr aufrecht erhalten, indem ja die Erstarrung selbst den Druck modificirt und seine ursprüngliche Gleichmässigkeit zerstört. Die Compression der erstarrenden Schichte muss unter den ersten und dichtesten Erstarrungsflächen, also unter dem Meeresboden

der Erde und unter den Maren des Mondes eine grössere sein, als unter der übrigen Oberfläche.

3. Nach der Ansicht von Hopkins und Poulett Scrope, von denen der erstere zwischen dem festen Kerne und der Oberfläche verschiedene isolirte Becken, der letztere eine zusammenhängende Schichte heissflüssiger Masse annimmt, hat die Erstarrung der Erde vom Centrum begonnen und ist bis zu einer gewissen Region nach Aussen fortgeschritten. Diese höchst originelle Behauptung will ihre Stütze in dem Glauben an eine Abkühlung durch Circulation finden. Erst nachdem die Masse so weit erkaltet war, dass eine Circulation nicht mehr stattfand, hätte eine Abkühlung durch Leitung, also Erstarrung von Aussen nach Innen begonnen.

Diese Idee stammt von niemand Geringerem, als von Sir W. Thomsen*). Er sagt: „Inzwischen müssen wir es als wahrscheinlich ansehen, dass die geschmolzene Masse der Erde beim Festwerden in der That eine beträchtliche Contraction erlitten hat. Wenn daher nach irgend welchen Relationen zwischen den verwickelten physikalischen Umständen, die hier in Betracht kommen, die Erstarrung wirklich an der Oberfläche begann, entweder überall oder in irgend einem Theile derselben, so müsste, so lange nicht die ganze Kugel erstarrt war, die fest gewordene Oberflächenschichte zerbrochen und auf den Boden oder zum Centrum hin gesunken sein, bevor sie eine hinreichende Dicke erlangt haben konnte, um auf einer unter ihr liegenden spezifisch leichteren Flüssigkeit

*) Transactions of the Royal Society of Edinbourgh 1862.

stabil zu bleiben. Es ist in der That ganz klar, dass, wenn die Erde zu irgend einer Zeit aus einer festen Granitschichte von etwa 50 oder 100 Fuss Dicke und einer davon umschlossenen continuirlichen geschmolzenen Masse bestanden hätte, die in ihren oberen Theilen, wo der Druck klein ist, ein um 20 Procent kleineres specifisches Gewicht, als die feste Rinde besessen hätte, dieser Zustand nur wenige Minuten gedauert haben könnte. Die Starrheit einer festen Schale, deren Fläche so ungeheuer gross im Vergleich zur Dicke ist, müsste gleich Null sein und bei der geringsten Störung würde ein Theil sich biegen, bersten und die Flüssigkeit über die ganze Rinde auslaufen lassen. In Folge dessen würde die Rinde selbst in Stücke zerbrechen und diese müssten zu Boden sinken oder sämmtlich nach dem Mittelpunkt hin fallen und dort einen Kern bilden, falls ein solcher nicht schon vorhanden ist, so dass bei ihm die Erstarrung beginnen könnte." Nachdem dann Thomson auf die Unwahrscheinlichkeit, dass sich um die ganze Oberfläche eine Kruste bilden und eine Zeitlang halten könne, hingewiesen und Hopkins Idee von einer partiellen Erstarrung acceptirt, fährt er fort: „Es ist wahrscheinlich, dass sich so über ausgedehnten Theilen der Oberfläche eine Kruste bilden kann, und dass dieselbe zeitweilig . . . oben auf der Flüssigkeit liegen bleibt, bis sie eine hinreichend grosse Dicke erreicht hat, um der Schwerkraft zu gestatten, ihren Anspruch geltend zu machen und die schwerere starre Masse unter die leichtere Flüssigkeit zu senken. Dieser Process muss so lange seinen Fortgang nehmen, bis die gesunkenen Krustentheile vom Boden aus ein hinlänglich

eng geripptes Skelett aufbauen, so dass eine neu entstandene Kruste, indem sie gewissermassen die kleiner gewordenen Flächen der Lavateiche oder Seen überbrückt, bestehen bleiben kann".

Indem Sir W. Thomson, entgegen seiner pag. 156 citirten Hypothese, hier also doch die Annahme eines ursprünglich durch die ganze Masse flüssigen Zustandes vorzieht, stellt er sich vor, dass die an der Oberfläche erstarrenden Massen wegen ihrer durch Concentration erhaltenen grösseren Dichte durch alle heissflüssigen Schichten bis zum Mittelpunkte sinken und dann dabei zugleich starr bleiben, oder wenigstens starrer, als es die zuvor im Mittelpunkte gelagerten Massen, daher das Festwerden der Erde (wie consequenter Weise auch jedes anderen Himmelskörpers) vom Centrum aus beginnt und allmälig bis an die Oberfläche vorrückt. Wie gross man nun auch die aussen erstarrte Masse annehmen mag, stets wird zunächst ihr vollständiges Untersinken bis zum Mittelpunkte den physikalischen Gesetzen widerstreiten. Man wird zugeben müssen, dass bei grosser Verschiedenheit der innersten und äussersten Dichte dem Untersinken einer ausgedehnten aber sehr dünnen Fläche, die nach ihrer Erstarrung sicherlich von zahlreichen Blasenräumen durchzogen sein wird, welche specifisch leichte Gase einschliessen, bedeutende Hindernisse entgegen stehen. Aber gesetzt auch, das Untersinken bis zum Centrum würde durch irgend ein uns bisher unbekanntes physikalisches Gesetz doch möglich, — in welchem Zustand kommt der erstarrte Oberflächentheil im Centrum an? Bereits in geringer Tiefe wird er eine Temperatur finden, die

ihn an den Rändern abzuschmelzen beginnt und dieses Abschmelzen dauert während des Sinkens in rapid gesteigerter Proportion fort; je dünner nun die Schichte ist, desto rascher wird sie vollständig wieder flüssig und heiss, ganz abgesehen von der Temperaturerhöhung durch die Arbeit des Verdrängens so vieler und so dichter Schichten bis zum Mittelpunkte. Schon in geringer Tiefe wird ihre Temperatur gleich jener der Umgebung sein und wenn sie noch sinken sollte, so bringt sie in den Mittelpunkt keine tiefere Temperatur, als sie dort findet. Die Abkühlung durch Circulation nach der ganzen Tiefe, die wir an heissen Flüssigkeiten in einem Topfe beobachten, ist auf die heisse Erdmasse nicht mehr anwendbar, weil ganz andere Umstände eintreten, welche die dazu nothwendigen Bedingungen ausschliessen.

Doch dies ist nicht Alles. Die Annahme einer solchen Circulation bis zu Ende gedacht, ergibt das Resultat, dass in der vollständig erstarrten Erde die Dichte der Schichten von Aussen nach Innen abnehmen, die äusserste Rinde, d. h. jene, bei welcher die Abkühlung durch Circulation in Abkühlung durch Leitung überging, die grösste, der Mittelpunkt die geringste Dichte haben würde. Denn wenn der hinabgesunkene Oberflächentheil in festem Zustande im Mittelpunkte ankömmt, und dort fest bleibt, so wird jeder folgende sich um ihn gruppiren, d. h. auf ihn aufliegen und die folgenden wieder auf der letzten Partie u. s. w. Nun besitzt aber jede folgende Masse, die hinab sinkt, wegen der Zunahme der Abkühlung und Contraction an der Oberfläche eine grössere Dichte, als die vorausgehende, früher erstarrte; folglich baut

sich der Kern von Innen heraus mit wachsender Dichte auf. Dies widerstreitet aber allen bisher gefundenen Thatsachen.

Allein noch mehr. In einer ursprünglich durch und durch flüssigen Masse von der Grösse und stofflichen Beschaffenheit der Erdmasse wächst die Dichte der Schichten von Aussen nach Innen

1) entweder nur wegen des wachsenden Druckes

2) oder zugleich auch wegen der stofflich ungleichartigen Beschaffenheit der Schichten, in welchem Falle die dichtesten Stoffe im Centrum lagern müssen.

Kosmologisch betrachtet ist die zweite Annahme unvermeidlich. Denn eine kosmische Masse, wie sie sich auch gebildet haben mag, erhält nur dadurch die Form einer Kugel, dass Theilchen der diffussen Materie sich um irgend einen Punkt grösster Anziehung versammeln. Ist dieser Punkt materiell, so muss er eben eine grössere Dichte, als die von ihm angezogene Materie besitzen. Ist er virtuell, so verwandelt er sich nach erfolgter Ballung der ihn umgebenden Materie in einen materiellen von grösserer Dichte, als sie die Materie in ihrem diffussen Zustande besass; und so wird stets mit fortschreitender Attractions-Ballung die Dichte des Kernes der Kugel vermehrt, demzufolge die stoffliche Beschaffenheit verändert und so sind schliesslich die im Mittelpunkte einer kosmischen breiartigen Kugel lagernden Schichten auch stofflich vom Ursprung an — und nicht bloss durch immer wachsenden Druck — Schichten grösster Dichte. In diesem Falle aber sinkt der erstarrte Oberflächentheil nur bis zu den Schichten gleicher stofflicher Dichte, be-

stimmt nicht zum Mittelpunkte und wir erhalten einen weiteren Einwand gegen Thomson's Ansicht.

4. Wenn man aber behauptet, der grosse Druck bringe im Erdinneren eine so bedeutende Dichte des flüssigen Kernes hervor, dass man ihn als fest bezeichnen müsste, so ist meines Erachtens gar kein besonderer Scharfsinn nothwendig, um herauszufinden, dass, wo bei sehr hoher Temperatur eine grosse Dichte oder „Erstarrung" nur durch immensen Druck bewirkt wird, der Erstarrungsgrad mit dem Schwanken des Druckes gleichfalls schwankt und daher von einer dauernden und einförmigen Erstarrung des Innern analog dem Zustande der äussersten Kruste keine Rede sein kann. Parthien, die heute durch den höheren Druck starr sind, müssen — bei anhaltend hoher Temperatur — morgen, wenn der Druck geringer wird, an Starrheit verlieren. Dies gilt namentlich von jenen Parthien des Inneren, die in der Uebergangs-Region von der Kruste zum Kerne liegen. Ja, der ganze Kern würde augenblicklich vollkommen flüssig — zugleich aber auch bedeutend abgekühlt — werden, wenn man ihn von dem Drucke der überlastenden Schichten befreite Mit diesen wenigen Worten ist der Standpunkt fixirt, den man, nach meiner Meinung, in dieser Frage einzunehmen hat. Aus einem solchen Kern kann fort und fort Flüssiges in die Canäle eindringen; er widerstreitet daher unserer Theorie des Vulkanismus keineswegs.

5. Für die Ansicht, dass die Erde im Innern noch einen Rest der ursprünglichen Ballungswärme, also ihrer Eigenwärme, besitze, welche daher mit der Tiefe

wachsen muss, spricht endlich die gegenwärtige Erdwärme. Würde diese einen anderen Ursprung haben und z. B. nur von der Bestrahlung durch die Sonne abhängen, so müsste die Erde im Innern, wohin die Strahlen nicht mehr dringen, die Temperatur des Weltraumes aufweisen, welche mindestens — 48° R. beträgt, wie aus den Beobachtungen der strengen Winter Sibiriens zu schliessen ist. Dagegen finden wir im Inneren sogar eine höhere Temperatur als an der Oberfläche.

Man hat dagegen eingewendet: Diese im Inneren sich vorfindende Wärme ist eine Ansammlung der Sonnenwirkung, deren Strahlen sich im Inneren durch alle Zeiten erhalten. Die Antwort darauf kann — obgleich sich sehr vieles dagegen sagen liesse — mit wenigen Worten gegeben werden: Wäre jene Ansicht richtig, so müsste die ganze Erde immer mehr und mehr an Eigenwärme zunehmen, so lange, bis sie sich vollständig wieder in den Urnebel auflöst, aus dem sie sich nach der Kant-Laplace'schen Theorie gebildet hat. Eine constante Wärmezunahme auf der ganzen Erde ist aber allen Thatsachen gegenüber gar nicht aufrecht zu erhalten.

Andere meinen: Die Eigenwärme der Erde stammt nur aus der Umsetzung der Sonnenwärme in Bewegung, und dieser wieder in Wärme. Allein diese Wirksamkeit könnte sich wohl nur auf die Oberfläche beziehen und es ist gar sehr die Frage, ob dieser letztere Umsatz uns überhaupt auch nur merkbar werden kann. Ist die directe Sonnenwärme nicht im Stande, einen so hohen Grad der Temperatur, als ihn das Innere aufweist, zu erzeugen, so vermag es die zweimal umgesetzte noch viel weniger. Der erste Umsatz der Sonnen-

wärme, welcher im Gesammtleben der Erde zur Erscheinung gelangt, ist eben die bedeutendste Verwenduug derselben und das Hinderniss grösserer Erwärmung. Der Umstand, dass dieser Process vorzugsweise und im Grossen an der Oberfläche statt hat, ist auch die Ursache der täglichen bedeutenden Abgabe von directer und umgesetzter Wärme an den Weltraum, von dem wir uns niemals abschliessen können. Wenn schon überhaupt von Bewegungsumsatz im Erdinnern gesprochen werden kann, so möchten wir der aus den Gravitationsdifferenzen entstehenden Bewegnng und der dadurch erzeugten Wärme eine viel höhere Bedeutung beilegen. Doch bleibt jede Annahme hierüber Hypothese und unter allen Hypothesen hat jene der Centralwärme die meisten Gründe für sich, sie ist daher für den gegenwärtigen Stand der Wissenschaft die wahrscheinlichste.

Die Skale, nach welcher die Zunahme der inneren Erdwärme beobachtetermassen vor sich geht, verläuft dieser Annahme vollkommen entsprechend. Die Wärme-Zunahme nimmt gegen den Mittelpunkt continuirlich ab, die Temperatur-Verschiedenheit der Schichten gleicher Distanz von einander ist desto geringer je höher ihre Temperatur ist. Jede kugelförmige Masse, deren Temperatur gegen den Mittelpunkt continuirlich zunimmt, muss dieselbe Erscheinung zeigen und wenn Prof. C. Vogt hierin einen Beweis gegen den heissflüssigen Erdkern*) findet, so war das nur möglich,

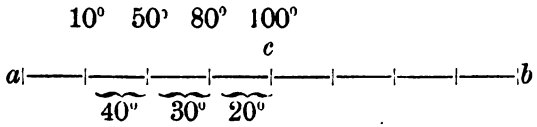
*) Manche lieben es, gegen ein „Centralfeuer“ zu Felde ziehen. Sie beweisen dadurch nur, dass sie „Glühen“ und „Brennen“ nicht zu unterscheiden verstehen.

weil er sich der physikalischen Gesetze, die hier im Spiele sind und der Consequenz seiner Behauptung nicht bewusst war. Wir setzen seinen Einwand wörtlich, wie er ihn im Vortrage: „Ueber Vulkane", Basel 1875, Seite 31, auspricht, hierher: „Die Wärme nimmt also nach unten zu, aber in stets verminderter Proportion! Wäre ein solches Resultat möglich, meine Herren, wenn im Innern der Erde eine constante Wärmequelle existirte? Wie will man dem einfachen gesunden Menschenverstande gegenüber behaupten, man müsse beim Annähern des Fingers an eine Lichtflamme stets grössere Entfernungen durchmessen, je näher man der Flamme kömmt, um mehr Wärme zu empfinden? Eine Wärmequelle hätte also eine um so grössere und um so intensivere Wirkung, je weiter sie entfernt ist und ihre Wirkung verminderte sich in dem Maasse, als man sich ihr nähert? Ist es nicht klar, dass, wenn man die oben angegebene Zahlenreihe *) weiter nach Innen fortsetzte, man zu den nicht nur unwahrscheinlichen, sondern selbst unmöglichen Schlussfolgerungen gelangen müsste, dass man in der Nähe des feuerflüssigen Erdkernes, jener colossalen Wärmequelle, die Alles zu einer feurigen Kugel zusammengeschmolzen hat, dass man in deren Nähe sogar Tausende von Metern durchmessen müsste, um einen Grad Wärmezunahme zu finden?"

*) Die bisher gefundenen Werthe widersprechen, wie gesagt, unserer Annahme durchaus nicht; um jedoch einen allgemeinen Schluss ziehen zu können, müssten zahlreiche ähnliche Untersuchungen aus verschiedenen Punkten der Erdoberfläche, und zwar in weit grössere Tiefen reichend, als die Bohrungen in Paris und Sperenberg, vorliegen.

F.

Die Antwort ist sehr einfach: Es sei die Linie *a b* ein Durchmesser der Erde, *c* deren Mittelpunkt. Die



Wärme nehme von *a* bis *c* ebenso continuirlich zu, als von *b* bis *c*. Nach physikalischen Gesetzen ist dies nur dann möglich, wenn die Temperaturzunahme gleich grosser Schichten, deren Temperatur beispielsweise 10°, 50°, 80° u. s. w. betrage, von *a* gegen *c* zu continuirlich abnimmt, wie die Differenzen 40, 30, 20 zeigen. Die höhere Mathematik drückt dies kurz so aus: der erste Differenzialquotient einer Function, die einem Maximum entgegengeht, nimmt mit der Zunahme der Function ab, und wird Null, sobald das Maximum eintritt. Darnach ist nun, was Prof. Vogt p. 26 und 27 sagt, zu beurtheilen: „Gewiss würde es den Astronomen nicht viel ausmachen, anzunehmen, die ganze Erde sei schon bis zum Mittelpunkte erkaltet — aber man nimmt den feuerflüssigen Kern an, weil man beim Eindringen in den Boden bis zu einer gewissen Tiefe eine gewisse Zunahme der Wärme constatirt und darauf hin den Grundsatz aufstellt, dass diese Zunahme immer in derselben Weise anhalten und nach Innen sich anhäufen müsse.“ (Wer behauptet dies?) „Diese Progression aber bestreite ich gerade. Wenn sie nicht existirt, wie ich zu beweisen hoffe, so bleibt gar kein Grund weiter, um die Annahme abzulehnen, dass die Erde schon im Ganzen am Ziele ihrer Erkaltung und ihrer definitiven Verdichtung angekommen sei.“ Es wird

hier „Temperatur“ und „Zunahme der Temperatur“ beständig verwechselt; daher der Fehlschluss. Ganz ruhig und objectiv behandelt, stellt sich die Frage vielmehr so: Wie viel Gründe sprechen für die Annahme einer bereits vollendeten Erkaltung und wie viel für das Vorhandensein eines heissflüssigen Restes im Inneren? Auf der Seite der Mehrzahl der Gründe ist auch die grössere Wahrscheinlichkeit. Die Art, wie wir den Beweis in diesem ganzen Abschnitte durchgeführt haben, kann auch nicht der Vorwurf eines Cirkelschlusses treffen, selbst wenn wir auch die Temperatur der Lava für unsere Ansicht herbeiziehen, weil die Prämissen, von welchen wir ausgegangen sind, nicht aus der Temperatur der Lava geholt wurden.

Da nun eine ehemalige Hitze des Innern erwiesen (und von den Gegnern zugestanden) ist, da eine gegenwärtige Hitze derselben, wie die Temperaturzunahme, die heissen Quellen und die Laven beweisen, in gewissen Tiefen vorhanden ist, was liegt näher, als anzunehmen, diese gegenwärtige Hitze sei der Rest der ehemaligen Hitze und zwar so lange anzunehmen, bis positiv erwiesen ist, dass die gegenwärtige Hitze eine andere Ursache hat, als die ehemalige?

Allerdings steht es Jedermann frei, auch die entgegengesetzte Ansicht zu haben, allein wer sich auf den gesunden Menschenverstand beruft, darf sich der Tyrannei der allgemeinen Denkgesetze nicht entziehen.

6. Deshalb halte ich die Ansicht Sterry Hunt's, die Erde sei längst vollständig fest geworden, als eine in der Luft stehende. Zur Erklärung der gegenwärtigen

Erdwärme nimmt er an, dass nach der gänzlichen Erstarrung eine der Oberfläche nahe gelegene Zone durch chemische und mechanische Einflüsse zersetzt wurde und dabei durch den Druck der überlagernden Schichten und diese Zersetzungswärme in wässerigen Schmelzfluss überging. Man könnte fragen, wie es möglich sei, dass der Druck eine feste Masse flüssig mache, da ja sonst die begründete Ansicht gilt, dass durch ihn Flüssiges fest werde und man geradezu den Druck anführt, um die Meinung von dem festen Erdkerne zu stützen. Ferners würde man zu einem solchen oder ähnlichen Raisonnement erst dann greifen können, wenn wir durch irgendwelchen empirischen Nachweis gezwungen wären, die Abkühlung der ganzen Erde in der That als längst vollendet zu betrachten. Dies ist aber durchaus nicht der Fall. Soll der hypothetische Theil der Naturforschung nicht gänzlich auf das Niveau subjectiver Behauptungen herabsinken, so genügt es nicht, „geistreiche Ideen“ zu haben; man muss dieselben einer strengen Kritik unterwerfen, bevor sie ausgesprochen werden. Anderseits wird auch auf den Namen eines Forschers keinen Anspruch machen dürfen, wer alle Ideen als gleichberechtigt hinnimmt, oder sie nach Sympathie und Antipathie beurtheilt. Wir haben zur Kritik kein anderes Instrument, als den kalten, trockenen Verstand, bei dessen genügender Anwendung wir die Thatsachen nicht willkürlich, sondern logisch zu deuten gezwungen werden.

Was aber speciell den Ursprung der Erdwärme „aus chemischen Zersetzungen“ betrifft, wollen wir hier nur die Worte W. Thomson's citiren: „Man könnte die chemische Hypothese zur Erklärung der

Wärme des Erdinnern als nicht unwahrscheinlich ansehen, wenn sich eine Zunahme der Temperatur mit der Tiefe nur in isolirten Gegenden ergeben hätte, und in der That ist kaum daran zu zweifeln, dass die chemische Wirkung einen bemerkenswerthen (möglicherweise jedoch negativen) Einfluss auf die Wirkung der Vulkane ausübt. Dass aber in einer grossen unbekannten Tiefe unter der Oberfläche überall eine langsame gleichmässige „Verbrennung" oder chemische Verbindung irgend einer Art vor sich gehe, die allmälig, wenn die chemischen Verwandschaftskräfte successive in einer Schicht nach der anderen gesättigt werden, immer weiter in die Erde eindringt, scheint ausserordentlich unwahrscheinlich, obgleich man nicht behaupten kann, dass es absolut unmöglich oder allen Analogien in der Natur entgegen wäre. Doch ist beim gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft offenbar die weniger hypothetische Ansicht vorzuziehen, nach welcher die Erde nichts als ein chemisch unthätiger, in der Abkühlung begriffener warmer Körper ist." *)

IV. Die Vulkane verdanken ihren Ursprung zunächst diesem Zustande des Erdinnern.

1. Die vulkanische Thätigkeit muss bei allem Sträuben einzelner Autoritäten denn doch als das Resultat des Abkühlungs-Processes unseres Planeten betrachtet werden. Erst unlängst hat Professor

*) Thomson und Tait: „Theoretische Physik" Braunschweig 1854.

Ferd. v. Hochstetter durch ein interressantes Experiment den Nachweis geliefert, dass der einfache Abkühlungs-Process einer hinlänglich grossen Menge geschmolzenen Schwefels, der Wasser chemisch gebunden enthält, genüge, um ein den vulkanischen Processen vollständig analoges Eruptions-Phänomen zu erhalten. Wenn man bedenkt, welche Rolle der Wasserstoff, nach den neuesten Untersuchungen, im Weltall, und besonders auf unserem Mutterkörper — der Sonne — spielt; wenn man bedenkt, welche Quantitäten von Wasser dereinst die Erdoberfläche bedeckten: dann wird man keinen Augenblick mehr zweifeln können, dass auch in der Masse unserer Erde, mindestens in ihren oberen Schichten, Wasser chemisch gebunden sein musste. Um aber das erwähnte Experiment auf den Vulkanismus beziehen zu können, ist nothwendig, anzunehmen, dass jene Masse, welche Wasser chemisch gebunden (nicht mechanisch gemengt!) enthält, sich zugleich im heissflüssigen Zustande befindet. Die Frage, woher die hohe Temperatur der Lava komme? ist daher durch jenes Experiment nicht gelöst, sondern als ein Postulat hingestellt; denn es beweist nur, wir wiederholen es noch einmal, dass der Vulkanismus das Resultat eines Abkühlungs-Processes ist. Wäre das Wasser als solches allein genügend, eine vulkanische Action einzuleiten, dann bliebe die Thatsache, dass die Vulkane am zahlreichsten und leichtesten auf Spalten sich bilden, unerklärt. Wozu bedarf es der Spalten, wenn eine vulkanische Thätigkeit ohne bereits in der Tiefe vorhandene heissflüssige Massen

möglich ist? Diese Frage stellen wir an diejenigen, die behaupten, dass nichts zur Annahme eines heissflüssigen Erdinnern zwinge und dass die Meeresnähe der Vulkane auf die Rolle hinweise, welche die Wässer der Gegenwart bei der Reaction des Erdinnern gegen die Oberfläche spielen. Die Erklärung für die Meeresnähe liegt in der Combination der Wasserwirkung und der Spaltbildung, die die sich entweder an der Küste vollziehen oder auch durch Inseln zur Erscheinung kommen kann. Dies lässt sich nicht blos für die Erde, sondern auch für die Oberfläche des Mondes nachweisen. Wenn wir alte Vulkane auf den Continenten finden, die einst submarin waren, so folgt ihr Erlöschen allerdings aus dem Zurückziehen des Meeres, aber gerade der Umstand, dass an solchen Punkten Erdbeben die Stelle der vulkanischen Ausbrüche vertreten, und zwar noch durch Jahrtausende, nachdem das Meer verschwunden ist, beweisst, dass Vulkane bis zu einer gewissen Höhe auch ohne Wasser entstehen können und dass dieses den Vulcanismus nicht schafft, sondern nur erhöht.

Wäre das Wasser allein genügend, so müssten sich ja noch thätige Vulkane am schwarzen Meere, an der Nordsee, an der Ostsee, kurz an allen Küsten und an allen Orten finden, wo Wasser zur Genüge vorhanden ist. Und wie erklärt jene Hypothese die Ueberzahl der Vulkane in der Aequatorialzone? Was hat diese mit dem Wasser zu thun? In der Nähe der noch thätigen Vulkane Peschan und Hotscheu in Centralasien, nördlich vom Himalaya, findet sich wenig Wasser, wohl aber der plötzliche Ueber-

gang des Spaltengebietes zum Hartboden der Wüste Gobi. An der Küste des indischen Oceans, wo der Uebergang ein allmählicher ist, finden sich keine Vulkane.

Ein weiterer Beweis für die beschränkte Rolle des Wassers bei der Entstehung der Vulkane liegt in der mit der Zeit abnehmenden Grösse derselben, d. h. darin, dass die in späteren Epochen entstandenen Feueressen kleiner sind, als diejenigen, welche in den älteren Porioden sich bildeten. Dies ist eine Thatsache, welche sich nicht nur auf der Erde, sondern auch am Monde constatiren lässt. — Bemerkenswerth sind die Worte, welche darüber der schottische Astronom Piazzi Smyth am 22. März 1858, gelegentlich eines Vortrages in der astronomischen Gesellschaft zu London, sprach: „Wenn wir von dem noch nicht erloschenen Chajorre (Krater der Westspitze von Teneriffa) oder Rambletta (Krater der Centralspitze), die etwa ¾ engl. Meilen im Durchmesser haben, zu dem grossen Krater mit 8 engl. Meilen Durchmesser (seit der menschlichen Periode erloschen) zurückgehen, oder in gleicher Weise von dem noch thätigen Vesuv zu der Somma, die, so lange Italien trockenes Land ist, keine Lebenszeichen von sich gegeben, so finden wir, dass die älteren Krater die grösseren gewesen sind. Und wenn sie im Vergleiche zu denen im Monde keine sehr grosse Ausdehnung haben, so kommt das daher, dass ihre Entstehung immerhin noch in die neueren Zeiten der Geologie fällt, denn die an den unteren Abhängen beider Vulkane gefundenen Muscheln gehören der postpliocenen Periode an. Die grossartigen vulkanischen Ringe der alten „primären“ und

„secundären“ Zeiten sind auf immer dem Blicke des Menschen entzogen.“ Fragen wir nun um die Ursache dieser Abnahme der vulkanischen Kraft, so kann es nur die vorgeschrittene Abkühlung des Erdinnern sein. Hätte das Wasser allein und ausschliesslich Theil an dem Entstehen eines Vulkanes, dann müsste es wohl auch heute noch ausreichen, einen oder den anderen im Umfange der erloschenen Bildungen herzustellen. Noch ist Wasser um Teneriffa genug, genug noch in der Nähe des Vesuv, der Zutritt desselben zum heissen Heerde steht offen, und doch ist die vulkanische Thätigkeit im Ermatten begriffen!

Wir sind demnach durch eine Mehrzahl von Zeugnissen gezwungen, die hohe Temperatur der Lava nicht erst als örtlich entstanden, sondern als das Resultat des allgemeinen Temperaturzustandes des Erdinnern aufzufassen.

2. Handelt es sich aber darum, die Gestalt der Vulkane selbst in Betracht zu ziehen, so finden wir hier wieder eine überraschende Aehnlichkeit mit den Mondgebilden. Alle Bestrebungen, diese Aehnlichkeit zu läugnen, können sich nur halten, so lange sie oberflächlich bleiben. Geht man auf Detailvergleiche ein, so wird man von den Analogien überrascht und schliesslich zu dem Geständniss gezwungen, dass die Verschiedenheiten durch die Aehnlichkeiten bedeutend überwogen werden.*) Wenn Humboldt sagt „Bei der fortschreitenden Vervollkommnung unserer Kenntnisse von der Gestalt der Oberfläche des Mondes

*) Vergleiche auch die Anmerkung 12.

von Tobias Mayer an bis Lohrmann, Mädler und Julius Schmidt ist im Ganzen der Glaube an die grossen Analogien zwischen den vulkanischen Gerüsten der Erde und des Mondes eher vermindert, als vermehrt worden," so klärt der Nachsatz das Missverständniss auf: „nicht sowohl wegen der Dimensionsverhältnisse und früh erkannten Anreihung so vieler Ringgebirgsformen, als wegen der Natur der Rillen und der nicht schattenwerfenden Stralensysteme." Was nun die Rillen betrifft, von welchen die Mondlandschaft auf dem Titelbilde eine naturgetreue Darstellung liefert, so glauben wir in den „Grundzügen" hinlänglich nachgewiesen zu haben, dass es offene Spalten sind, die ihr Entstehen der ungleichen Contraction beider Bodenarten nach gänzlichem Verluste der Feuchtigkeit oder auch einer alten, tiefer liegenden Spalte verdanken. Wenn einmal die Erde in das Stadium tritt, in welchem der Mond sich jetzt schon befindet, wenn der letzte Tropfen Wasser verschwunden, und die Fläche des tiefsten Niveaus, der Hartboden, trocken gelegt wird, dann werden sich auch auf ihrer Oberfläche an den Grenzen der Festlande und des Hartbodens, parallel den jetzigen Küstenstrichen und den hervorragendsten Urgebirgsreihen (vernarbten Spalten) offene Risse bilden, den Rillen des Mondes vergleichbar. Ist dann unser Planet alles organischen Lebens beraubt und des ihn noch bedeckenden Humus entkleidet, starren nackte Klippen den Beschauern auf anderen Welten entgegen — dann erst werden die Spuren des chemischen Umwandlungsprocesses, der die mechaniche Thätigkeit der Vulkane begleitete, die Desoxydation (Reduction), bewirkt durch das erhitzte, unter den Vulkanen ange-

häufte Wasserstoffgas,*) in der erhöhten Reflexionsfähigkeit der benachbarten Gesteine zu Tage treten. Wer wollte verkennen, dass es auch auf dem Monde, zur Zeit seines organischen Lebens, den Bewohnern der Erde, und noch mehr seinen eigenen unmöglich gewesen wäre, die Strahlensysteme wahrzunehmen! Lassen wir uns nicht verleiten, allgemeine, umfassende Schlussfolgerungen von so beschränkten Standpunkten zu ziehen, als sie uns die Zeit, in der wir leben, und die Scholle, an der wir kleben, unmittelbar zu gestatten vermögen! Die zu grosse Nähe des Gegenstandes am Auge kann der richtigen Erfassung seines Gesammtbildes nicht förderlich sein. Unsere gegenwärtigen Vulkane können, ihrer Dimension nach, nur mit den kleinsten Kratern und Gruben des Mondes verglichen werden, und daher dürfen wir uns durch ihre, von grösseren Kratern oder Ringgebirgen abweichenden Formen nicht täuschen lassen. Nimmt man dazu den Verwitterungsprocess der Erde und die abschwemmenden

*) So ist die Umwandlung des Kalkes in Gyps unter Andern auch durch Schwefel-Wasserstoff, der von vulkanischen Herden aufstieg oder sich seitlich verbreitete, vor sich gegangen. Gypslager verrathen daher nicht selten die einstige engere Verbindung ihrer Lagerstätten mit dem heissen Erdinnern, als deren Nachwirkung an solchen Orten in noch späten Zeiten Erdbeben auftreten. Hierin liegt die Erklärung für die Thatsache, dass, wo Gypslager sich finden, auch Erderschütterungen häufiger verspürt werden. Volger hat aus dieser Thatsache die falsche Folgerung gezogen, dass die durch Auswaschung des Gypses entstandenen Hohlräume (Gypsschlote) einstürzen und so die Erdbeben verursachen. Vgl. Komos I, 278. Zirkel: Die Umwandlungs-Processe im Mineralreiche, p. 30. Bischof: Geologie.

Wirkungen des Wassers — die auf dem Monde keinesfalls so bedeutend gewesen sein können — so muss man staunen über die Aehnlichkeiten, die dann noch übrig bleiben. Ein aufmerksames Studium dieser Erscheinungen auf dem Monde und auf der Erde führt zur Ueberzeugung, dass trotz der immensen Trennung beider Bildungen in Raum und Zeit, die Verschiedenheiten durch die Analogien bedeutend überwogen werden. — Dies ist der wahre Standpunkt, von dem aus diese Frage betrachtet werden muss.

Hiebei ist man keineswegs gezwungen, die heissflüssige Erdmasse bereits mit dem Boden der Vulkane beginnen zu lassen. Vielmehr scheinen sich unter diesem zurückgelassene Becken zu befinden, die nur durch Gänge, in vielen Fällen vielleicht gar nicht mehr mit dem flüssigen Erdinneren in Verbindung stehen. Beide Fälle können örtlich hart nebeneinander auftreten. Dadurch würde sich das ungleiche Verhalten zweier Nachbarvulkane zugleich mit der correspondirenden Thätigkeit der entferntesten Essen erklären lassen.

So haben uns nicht nur alle Thatsachen, die sich auf der Erde beobachten lassen, sondern auch — und darauf möchten wir in dieser Frage ein grosses Gewicht legen — die Zustände der Mondoberfläche zum zwingenden Schlusse geleitet, dass die abnehmende vulkanische Thätigkeit in ihrer letzten Ursache auf den Urzustand dieser Himmelskörper zurückzuführen sei. Damit steht im schönsten Einklang das, was sich vor unseren Blicken fast täglich auf der Sonne ereignet. Die mit unglaublicher Geschwindigkeit vor sich gehende, den

unläugbaren Charakter einer Eruption darbietende Erhebung glühenden Wasserstoffes (Protuberanzen) gibt uns ein Bild dessen, was dereinst auf der Erde und auf dem Monde vor sich gegangen. Wir sind daher berechtigt, den Vulcanismus einen kosmischen Process zu nennen. Je rascher dieser verläuft, in je kürzere Zeit die Summe der ganzen Abkühlungsthätigkeit zusammengedrängt wird, desto zahlreicher werden die Spuren derselben auftreten, desto leichter können sich die Bildungen verschiedener Epochen nebeneinander erhalten. Die kleinsten Himmelskörper kühlen sich am raschesten ab, daher müssen die Monde auch die zahlreichsten Vulkane zeigen. — Wir empfehlen daher den Geologen, die sich mit der Untersuchung über die Ursachen des Vulcanismus beschäftigen, angelegentlich das Studium der Mondoberfläche, indem wir ihnen die Worte zurufen, die der scharfsinnige französische Astronom De Faye am 4. Jänner 1858 in der Academie der Wissenschaften sprach: Die Oberfläche des Mondes ist sozusagen ganz neu, die der Erde dagegen ist abgenützt und abgerieben nach allen Seiten hin, durch die fortwährende Einwirkung des Wassers und der Atmosphäre. Der Mond ist es also, an dem die plutonischen Wirkungen in ihrer vollen Reinheit zu studiren sind.

V.

Ueber die nächste Ursache der Erdbeben.

(Mathematischer Theil der Theorie.)

1. Wir betrachten die Erschütterung des Bodens während eines Erdbebens analog der Schall-Wellenbewegung. Von dieser Auffassung wird jede Theorie ausgehen müssen und es scheint auch auf den ersten Blick, als ob sich alle mit ihr gleich gut vertrügen; wie denn auch schon Hopkins, Mallet, v. Seebach und Andere, trotz verschiedener Annahmen über die entferntere Ursache, mit Einhelligkeit darin die nächste Ursache der Erdbeben erkannten. Befindet sich die bewegende Kraft in irgend welcher Tiefe unter der Erdoberfläche im Punkte C (Taf. VI. Fig. 1.) so kann die von ihr ausgehende directe Bewegung, je nach der Natur dieser Kraft, nach einer, nach zwei, oder nach allen Seiten wirken. Deshalb ist die Theorie der entfernten Ursache enge mit jener der nächsten Ursache verbunden. Man hat bisher auf diesen Zusammenhang keine Rücksicht genommen und, bei jeglicher Annahme über den Ursprung der Kraft, die Erschütterung nach den Gesetzen der Schall-Wellenbewegung behandelt. Wir werden jedoch im Verlaufe der Entwickelungen finden, dass

die Erscheinungen an der Oberfläche sich keineswegs mit allen diesen Annahmen gleich gut vertragen. Nach unserer Theorie entsteht die Erschütterung durch eine Explosion in der Tiefe und da bedarf es wohl keines näheren Nachweises, dass ihr vor Allem das Recht zusteht, jene Gesetze für sich in Anspruch zu nehmen.

2. Die dadurch verursachte Bewegung der Erdschichten wird sich demnach in concentrischen Kugelschalen mit wachsendem Halbmesser von C, dem Ausgangspunkte oder Centrum des Erdbebens, nach allen Seiten gleichmässig in der Richtung der Radien fortpflanzen. Ein einzelnes Massentheilchen m wird nämlich in der Stossrichtung aus seiner Ruhelage in 1 gebracht, eine Bewegung in dieser Richtung einschlagen und dabei seine Nachbartheilchen vor sich herschieben. Allein wegen des beständig wachsenden Widerstandes dieser und der zunehmenden Kraft, mit welcher das erste Theilchen von den Nachbarn auf der entgegengesetzten Seite in die Richtung seiner Ruhelage gezogen wird, — beide durch die Elasticität des Körpers bedingt, — kehrt es nach Zurücklegung einer sehr kleinen Strecke a, welche der Ausschlag (Amplitude) heisst, von 2 aus mit wachsender Geschwindigkeit wieder in die ursprüngliche Lage 1 zurück, wo es aber jetzt, wegen der Geschwindigkeit v, mit welcher es hier ankommt (Beschleunigung durch Elasticität) und welche nahe gleich der Geschwindigkeit ist, mit welcher es zuerst daraus weggestossen wurde, nicht verharren kann. Es eilt nach der entgegengesetzten Richtung und zwar, wegen des Widerstandes der hier gelagerten Theilchen, mit

abnehmender Geschwindigkeit eine kleine Strecke, nahe gleich a, kehrt in 3 wieder um, geht zum zweiten Male über die ursprüngliche Ruhelage 1 hinaus und vollführt so um diese pendelartige Schwingungen mit immer geringeren Ausschlägen, bis es endlich wieder in der ursprünglichen Lage zur Ruhe gelangt. In verschiedenen Fällen bei gleicher Elasticität hängt a von der Intensität des Stosses, v bei gleichem a von der Elasticität des Körpers ab.

3. Der erwähnte Widerstand des Nachbartheilchens ist jedoch nur ein theilweiser, indem sich dieses gleichfalls eine — um den Betrag dieses Widerstandes kleinere — Strecke fortschieben lässt, wobei es wieder ein drittes Theilchen um einen noch etwas geringeren Betrag fortschiebt. Da diese Ortsveränderung der bewegten Theilchen in dem Momente, wo das erste am Ende der Strecke a seine ganze Bewegungsenergie eingebüsst hat, für jedes folgende verschieden sich darstellt, so entsteht für diesen Moment in einem Theile der Reihe eine Zusammendrängung oder Anhäufung der Nachbarn, welche man die Partialwelle nennt. Der Grad dieser Zusammendrängung heisst die Stärke (s) der Partialwelle. Sie hängt von der Elasticität des Körpers und von der Intensität des Stosses ab.

4. Im nächsten Momente, während das erste Theilchen schon den Rückzug begonnen hat, wird, nach der Vorwärtsbewegung des zweiten Theilchens, dieses im Momente seines grössten Ausschlages bereits eine zweite solche Zusammendrängung, also wieder eine Partialwelle, aber in grösserem Abstande vom Centrum hervorrufen. Man nennt jedoch diese nicht

die zweite Welle, sondern sagt, es sei die erste, nur habe sie sich vorwärts bewegt; weil beim Anblicke des Ringes, der im Wasserspiegel durch einen hineingeworfenen Stein nach einem analogen Vorgang entsteht, unser Geist die Rapporte des Auges so auslegt. Aus der vorausgehenden Darstellung wird aber klar, dass die wahre Ortsveränderung der Theilchen selbst nur eine beschränkte ist, pendelartig vor sich geht und dass nur die Wellenform sich in der That vorwärts bewegt. Die wahre pendelartige Bewegung der Theilchen heisst Längen- oder Longitudinalschwingung, weil sie der Fortpflanzungsrichtung entlang stattfindet. So entstehen nach und nach, stets weiter vom Centrum entfernt, neue Wellen und zwar so viele, als es bewegte Theilchen im Radius gibt. Bei jeder ist aber die Zusammendrängung (Verdichtung) etwas schwächer, als bei der im vorausgehenden Momente entstandenen. Man sagt daher, die erste Welle habe sich mit abnehmender Intensität vorwärts bewegt. Die Strecke dieser scheinbaren Fortbewegung in einer Secunde heisst die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Stosses, welche wir in Zukunft mit c bezeichnen wollen. Fig. 1 stellt daher nicht zwei gleichzeitige Wellen, sondern nur eine zu verschiedenen Zeiten dar.

5. Beim zweiten Durchgange des ersten Theilchens durch die Ruhelage (Absatz 2) wird durch dasselbe eine zweite Welle erregt, die nun auch als zweite bezeichnet wird. Sie ist wegen des abnehmenden a etwas schwächer als die erste, geht aber mit derselben Geschwindigkeit c und demselben Widerstande scheinbar vorwärts, weshalb sie etwas früher als jene

zur Ruhe kommt, d. i. verschwindet. So oft nun ein Durchgang des ersten Theilchens durch die Ruhelage stattfindet, entsteht eine neue Welle. Die Wellenzahl ist also gleich der Zahl der Ausschläge desselben. Der Abstand einer Welle von der andern heisst die Wellenlänge.

6. Wir haben bis jetzt nur die Wirkung eines einzigen, durch die explosive Kraft aus seiner Ruhelage gebrachten Theilchens betrachtet, welche sich, wie die Bewegung der Luft in einer sehr dünnen Orgelpfeife, in einer einzigen Richtung kundgab. Die explosive Kraft bringt aber von dem Punkte aus, wo sie entsteht, gleichzeitig nach allen Richtungen solche Bewegungen hervor. Wir werden daher in einem bestimmten Momente in jedem Punkte des Raumes, der von C gleich weit als die zuerst betrachtete Welle entfernt ist, eine ganz gleich grosse Welle finden. Alle diese ersten Wellen, aneinander gereiht, bilden also eine Kugelschale mit dem Centrum in C. Der Grad dieser Aneinanderreihung aller Wellen gleicher Distanz von C oder die Dichte der Kugelschale heisst die Intensität (i) der Welle und ist nicht mit der Stärke s (Absatz 3) zu verwechseln.

7. Dasselbe lässt sich auch von der zweiten und jeder folgenden Partialwelle nachweisen. Wir haben es daher nun nicht mehr mit Partialwellen, sondern mit Kugelwellen zu thun, und diese sind gemeint, wenn in Zukunft von einer Welle die Rede sein wird. Sie sind es, welche die Fortpflanzung der Bewegungsform mit der Geschwindigkeit c ausführen, indem jede einzelne nach aussen zu wachsen scheint.

Die Oberfläche einer Kugel wächst bekanntlich mit dem Halbmesser im quadratischen Verhältnisse. Der Grad der Aneinanderreihung der Partialwellen, welcher die Intensität der Kugelwelle bestimmt, nimmt aber in demselben Verhältnisse ab, als der Raum, in welchem sie Platz findet, grösser wird. Folglich nimmt die Intensität ab, wie das Quadrat des Radius zunimmt. Wird die Intensität des Stosses in C mit J bezeichnet, so ist also: $i = \frac{J}{r^2}$. (1).

8. Nehmen wir nun an, nach der Explosion in C gelange die erste Kugelwelle in der ersten Secunde nach I (Taf. VI. Fig. 2), in der zweiten nach II und verschwinde nach der dritten Secunde in III, so wird an der Oberfläche A B keine Erschütterung stattfinden. Dieser Fall tritt demnach ein, wenn die Entfernung der Explosion in C von der Erdoberfläche zu gross, oder ihre Intensität (J) zu gering ist. In letzterem Falle kann jedoch der Lauteffect, d. h. ein Schall, noch an der Oberfläche gehört werden und zwar am sichersten im Punkte O, welcher die geringste Entfernung von C besitzt. Das Schallphänomen ist daher die schwächste Wirkung der Erschütterungsursache.

9. Hat die Explosion eine grössere Energie, so braucht die erste Welle eine längere Zeit um zu verschwinden. Es sei dies nach der vierten Secunde geschehen, nachdem eben noch die Erdoberfläche im Punkte O (Fig. 3) erreicht wurde. Die Theilchen in diesem Punkte werden dadurch wie zuvor I, II, III in Longitudinalschwingungen versetzt, die wir mit dem Worte Erdbeben bezeichnen. Die Linie C O

heisst ihrer Richtung nach die Achse, ihrer Grösse nach die Tiefe (h) des Erdbebens. Die Longitudinalschwingungen finden hier senkrecht auf die Erdoberfläche statt, also ist die Bewegung der Gegenstände eine hüpfende. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit c wird durch die Grösse der Strecke von I bis II oder von II bis III u. s. w. ausgedrückt. Sind diese Strecken alle einander gleich, so heisst c constant. Man nimmt c constant an, obgleich es von der Elasticität des Gesteins in der Richtung des Stosses abhängt und demnach nicht nur mit der Verschiedenheit des Gesteins, sondern auch mit der Stossrichtung variirt.

10. Allein durch die Elasticität des Bodens wird nicht nur O, sondern auch eine bestimmte, von letzterer und der Intensität i abhängige Anzahl Nachbartheilchen in Schwingungen von derselben Richtung (also senkrecht auf den Boden) versetzt, ähnlich wie bei einer gespannten Saite die Bewegung einiger Theile derselben Schwingungen der benachbarten hervorruft. Findet die erste aufstossende Bewegung in O zur Zeit t_o statt, so wird eine solche etwas später und schwächer zur Zeit τ in F eintreten, allein nicht bloss in F, sondern gleichzeitig in allen Punkten, die von O um die Strecke O F entfernt sind. Es entstehen daher an der Oberfläche Wellenkreise um O, deren Anzahl gleich ist der Zahl der Ausschläge in der Longitudinalschwingung bei O, und die sich mit der Geschwindigkeit $\gamma = \frac{O\,F}{\tau - t_o}$ (also mit c nicht zu verwechseln) an der Oberfläche fortzubewegen scheinen. Die wahre (pendelartige) Bewegung der Theilchen findet also hier senkrecht auf die Fortpflanzungsrichtung

statt und ist daher eine Quer- oder Transversal-Schwingung.

11. Ist die Energie der Explosion stärker, dann werden auch diese indirecten oder Mitschwingungen stärker, die Kreise umspannen grössere Strecken, die Erschütterungen gehen weiter. Allein in diesem Falle kommt für die Nachbargebiete von O noch eine directe Erschütterung dazu. Die früher betrachtete erste Kugelwelle verschwindet nämlich dann z. B. nicht nach der vierten, sondern erst nach der sechsten Secunde. Sie wird am Ende der fünften Secunde in den Punkten E_1 und E_3 (Fig. 4) am Ende der sechsten in E_2 und E_4 aus dem Erdboden in die Luft übergehen und es werden daher E_1 und E_3 eine, E_2 und E_4 zwei Secunden später als O die directe Erschütterung erfahren, der zufolge sie gleichfalls Longitudinalschwingungen ausführen, aber nicht mehr in einer auf die Erdoberfläche senkrechten Richtung, wie O, sondern unter dem Winkel e_1 resp. e_2, den wir den Emersionswinkel nennen.

12. Weil aber die hier betrachtete Welle nicht die Form eines Kreises, sondern einer Kugel hat, so werden gleichzeitig mit E_1 und E_3 und unter demselben Emersionswinkel alle jene Orte den Stoss erfahren, welche mit diesen Punkten gleiche Distanz von O haben. Es wird demnach am Ende der ersten Secunde ein Kreis von dem Halbmesser E_1, am Ende der zweiten ein solcher vom Halbmesser E_2 u. s. w. der Schauplatz der Erschütterung sein und der Mittelpunkt dieser verschiedenen, wie die Wellen nach dem Falle eines Steines in ruhiges Wasser sich ausbreitenden Kreise wird sich, allen gemeinsam, in

O befinden. Wir nennen den Punkt O deshalb den „Oberflächenmittelpunkt“, die einzelnen Kreise „Homoseisten“ (d. i. Linien gleichzeitiger Erschütterung), die Weltgegend, von woher der Stoss zu kommen scheint, das „Azimut“ desselben; die Abstände der Erschütterungsorte vom Centrum „Centralabstände“ (r), jene vom Oberflächenmittelpunkte, „Axialabstände“ (E), weil sie auf die Erdbebenachse senkrecht stehend angenommen werden, indem die sphäroide Form der Erdoberfläche bei den meisten Fällen nicht in Betracht kommt.

13. Ist die hier betrachtete erste Welle so beschaffen, dass sie durch den Widerstand, welchen die Theile des Erdbodens der Longitudinalbewegung entgegensetzen, nach der n^{ten} Secunde verschwindet, so ist die Homoseiste vom Halbmesser E_n zugleich die Grenze des „Erschütterungsgebietes“ und die Strecke E_n die „Elongation“ des Stosses, welche wir mit L bezeichnen wollen.

14. Da die bisher gegebenen Erörterungen auf den Voraussetzungen basiren, dass die Erdmasse vollkommen elastisch und homogen, daher die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Erdbebens constant sei und der Stoss nur von einem einzigen Punkte ausgehe, was mehr oder weniger unzutreffend ist, so werden auch die Homoseisten von der Kreisform abweichen und einer der Durchmesser am grössten sein. Man nennt ihn die „Längenachse“ des Erschütterungsgebietes. Doch wird eben die „unendliche Mannigfaltigkeit der geologischen Verhält-

nisse“ wie Volger und v. Seebach betonen *), für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit einen Mittelwerth schaffen und so diese Störung eliminirt sein. Wenn daher eine Längenachse merklich hervortritt, muss der Grund in dem Nichtzutreffen der zweiten Voraussetzung liegen.

15. Die Wirkung des Stosses ergibt sich aus folgender Betrachtung. Es seien C (Fig. 5) der Ausgangspunkt, O der Oberflächenmittelpunkt, E_1 und E_2 zwei erschütterte Orte auf verschiedenen Homoseisten und zwar E_1 näher an O als E_2; r_1 und r_2 die ihnen entsprechenden Centralabstände C E_1 und C E_2; i_1 und i_2 die Intensitäten an diesen Orten, J die ursprüngliche Intensität des Stosses (in C), so ist (nach Abs. 7) allgemein

$$i = \frac{J}{r^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$\text{daher } \frac{i_1}{i_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Werden die Intensitäten der Grösse und Richtung nach durch die Linien E_1 i_1 und E_2 i_2 ausgedrückt, so lässt sich jedes i in die Componenten p und q zerlegen und man unterscheidet in der Stosswirkung einen senkrechten (p) und einen horizontalen (q) Antheil. Die senkrechte Componente strebt die Körper von der Erdoberfläche zu entfernen, in die Höhe zu schleudern, die horizontale sie umzustürzen. Wird werden pag. 218 dieses Verhältniss eingehend erörtern.

*) v. Seebach: „Das mitteldeutsche Erdbeben vom 6. März 1872“ Pag. 180.

16. Ist der in E befindliche Gegenstand eine senkrechte Wand oder Mauer (Fig. 6), welche in der Ebene des Stosses liegt, so wird die in der Pfeilrichtung wirkende Kraft zunächst den unteren, mit I bezeichneten Theil derselben aus seiner Ruhelage gegen F bewegen. Dieser theilt die Bewegung an die obere mit II bezeichnete Hälfte mit. Hat die Bewegung von I in dieser Richtung ihr Ende erreicht, so kehrt I um, der Theil II aber noch nicht, da er später als I in Bewegung kam und denselben Weg zurücklegen muss. Die Folge ist in diesem Momente eine Lostrennung des Theiles II von I in der Richtung und Ebene des Stosses, welche sich in schwächeren Fällen durch eine Spalte (Riss) in der Mauer, in stärkeren, durch den Absturz von II äussern wird.

17. Aus dem Gesagten geht hervor, dass die Spalte senkrecht auf die Stossrichtung verläuft, wie dies in der Figur 6 angedeutet wurde. Der Winkel (α) der Spaltenlinie mit dem Horizonte ist demnach gleich dem Complimente des Emersionswinkels e, d. i.

$$\alpha = 90 - e \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3).$$

Man drückt dies auch so aus: Die Spalten machen Fronte gegen den Stoss. Da nun, wie aus dem Anblicke der Fig. 5 hervorgeht, der Emersionswinkel desto grösser ist, je näher der Erschütterungspunkt E dem Oberflächenmittelpunkt liegt, so werden die Spalten ein allgemeines Anzeichen über die verhältnissmässige Nähe des Punktes O ergeben. Wird CO, die Tiefe des Ausgangspunktes C unter der Erdoberfläche, durch h, die Entfernung der Erschütterungspunkte

von O durch E und E_1 ausgedrückt, so ist in den rechtwinkeligen Dreiecken COE und COE_1:

$$E = h \cotang e \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

$$E_1 = h \cotang e_1$$

$$\frac{E}{E_1} = \frac{\cotang e}{\cotang e_1}$$

und da, nach (3)

$$e = 90 - \alpha$$

so ist $$\frac{E}{E_1} = \frac{\tang \alpha}{\tang \alpha_1}$$

es verhalten sich demnach die Axialabstände wie die Tangenten der Spaltenwinkel. Im Oberflächenmittelpunkte selbst, wo $e = 90$, α also gleich Null wird, verlaufen die Spalten horizontal.

18. Steht die Wand senkrecht gegen die Stossebene (Fig. 7), so wird I nicht mehr wie früher, den Theil II vor sich fortschieben, sondern letzterer muss durch das Beharrungsvermögen, statt im Stossmomente mit I in der Richtung des Pfeiles zu gehen, zurückbleiben, also, wenn die Intensität des Stosses gross genug ist, nach jener Seite, von welcher er kommt, abgeworfen werden, oder bei schwächerem Grade sich von dem unteren Theile durch eine mit dem Horizonte parallele Spalte trennen. Eine Ausnahme bezüglich der Sturzrichtung tritt ein, wenn der Theil I auf der dem Stosse entgegengesetzten Seite eine Lehne oder einen Rückhalt findet, z. B. an einer zweiten Mauer, die mit ihm gleiche Höhe hat und dem Stosse einen grösseren Widerstand entgegensetzt. In diesem Falle entsteht früher noch, als II zum Sturze kommt, ein Gegenstoss durch die Reflexion der Stosswelle, und II stürzt dem directen Stosse entge-

gen. Es gilt daher der Grundsatz: Der Schutt geht dem Stosse oder der Lehne entgegen. In rechtwinkeligen Gebäuden, wo der erste (Absatz 16) und der zweite Fall (Absatz 18) zusammen Anwendung finden, controliren sich, in Bezug auf die Stossrichtung, Schutt und Spalt gegenseitig.

19. Bei Stössen, die weder dem einen noch dem anderen Falle angehören, denke man sich die Kraft in die Componenten m und n (Fig. 8) zerlegt, so folgt, dass (nach Absatz 17) m den Spalt in der Mauer X, n jenen in Y hervorbringt und beide Spalten zusammen eine A-Form zeigen. Von den beiden Wänden X' und Y' auf der Austrittsseite des Stosses wird jede Spalten zeigen, welche mit jenen der gegenüberliegenden Wand parallel laufen. Auf dieser Seite werden daher die Spalten beider Wände in der V-Form sich zu einander neigen. Es gilt daher der Satz: der Stoss tritt bei A ein und bei V aus. Aus dem Schlusse in Abs. 16 geht zugleich hervor, dass bei kräftigen Stössen die V-Ecke abgeschleudert werden kann. In diesem Falle liegt der Schutt auf der Aussenseite des Gebäudes, man sagt daher: „Ecken gehen mit Stosse".

20. Ist die in der Stossebene liegende Wand von grösserer Länge, so wird in Orten, die dem Oberflächenmittelpunkte nahe liegen, die Wand durch die aufstossenden Componente in Wellenform bewegt werden. Da ein Theil derselben im Wellenberg stehen kann, während der benachbarte sich im Wellenthale befindet (Fig. 9), ist bei der Längenwand vielfach Veranlassung zur Spaltenbildung in senkrechter Richtung gegeben. Die kurze Querwand, welche

gegen die Stossebene senkrecht steht, wird dagegen in allen ihren Theilen die gleiche Phase zeigen, und daher keinen Schaden leiden. Es gilt daher der Satz: „Tracte schützen sich mit der Fronte", d. h. wenn der Längentract Fronte gegen den Stoss macht, also senkrecht auf seiner Ebene liegt, hat er weniger zu leiden. *)

21. Aufgabe der Wissenschaft ist es nun, die Elemente eines Erdbebens, d. i.

I. Oberflächenmittelpunkt (O)
II. Tiefe (h)
III. Fortpflanzungsgeschwindigkeit (c)
IV. Zeit des ersten Anstosses (T)
V. Intensität (J)
VI. Schwingungsgeschwindigkeit (v)

zu bestimmen. Dies geschieht auf verschiedenen Wegen durch die Ermittelung der Azimute, der Emersionswinkel, der Erschütterungszeiten und der Schallzeit. Die in den Absätzen 17 — 20 hervorgehobenen Beziehungen können dazu dienen, das Azimut und den Emersionswinkel zu bestimmen.

22. Der Oberflächenmittelpunkt O kann erstens nach dem Vorgange von Hopkins aus den Homoseisten bestimmt werden, mittelst dreier gleichzeitig erschütterter Orte E, E' und E'' (Fig. 10), welche man durch zwei Sehnen verbindet. Werden diese Sehnen halbirt und in den Halbirungspunkten Senkrechte errichtet, so schneiden sich diese

*) R. Mallet kommt zum entgegengesetzten Resultate, weil er die wellenförmige Bewegung der Mauer ausser Acht lässt und Längentracte ohne Querwände im Inneren annimmt, was in der Wirklichkeit wohl selten vorkommt.

oder ihre Verlängerungen im Mittelpunkte der Homoseisten, welcher (nach Abs. 12) zugleich der Oberflächenmittelpunkt des Erdbebens ist. Diese Methode erfordert:

a) wenigstens drei sehr richtige Zeiten;

b) müssen sie einander gleich sein.

23. Mallet dagegen leitet den Oberflächenmittelpunkt aus den Azimuten ab. Bezeichnen nämlich in Fig. 11 die Pfeile die Richtung des Stosses in verschiedenen Orten, so werden ihre Verlängerungen nach rückwärts sich in dem Oberflächenmittelpunkte schneiden.

24. Ist der Oberflächenmittelpunkt gefunden, so kann auch E, d. i. die Entfernung eines Ortes vom letzteren aus guten Karten ermittelt werden. Dann findet sich die Tiefe aus der Gleichung (4)

$$h = E \operatorname{tang} e \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Demnach kommt es hier, wenn E gut bestimmt wurde, noch auf die richtige Bestimmung des e aus α an. Man hat die praktische Tauglichkeit dieser Tiefenbestimmung — wegen der bei manchen Erdbeben sich zeigenden Schwierigkeit eine Spalte zu finden, oder wenigstens eine solche, welche der Gleichung (3) Genüge leistet, — bezweifelt. Die Spaltenwinkel α hängen in der That nicht blos von e, sondern auch von der Structur des Gemäuers ab. *) Doch noch viel schwieriger gestaltet sich in der Praxis die Bestimmung der Homoseisten, wobei die Erschütterungs-

*) „Dieselben sind vorzüglich bedingt durch die Fugen im Mauerwerke, zeigen sich dort wo die inneren Fachwände an die massiven Umfassungsmauern sich anschliessen.“ v. Lasaulx: „Das Erdbeben von Herzogenrath“, Bonn 1874. Pag 73.

zeiten bis auf eine Secunde richtig verlangt werden, während die Uhren an den meisten Orten nicht einmal die Minute richtig zeigen, oft gar um eine Viertelstunde oder noch mehr von der richtigen Ortszeit abweichen. Die Bestimmung des O nach Hopkins erweist sich daher als vollkommen illusorisch.

25. Wären die Uhrzeiten richtig, so hätte dieser englische Gelehrte noch ein weiteres Verdienst um die Bestimmung der Erdbebenelemente für sich in Anspruch zu nehmen. Es sei g die Fortpflanzungsgeschwindigkeit an der Oberfläche für einen Ort mit dem Axialabstande E und t die Zeit der Erschütterung daselbst, während t_0 die Erschütterungszeit für den Oberflächenmittelpunkt O bezeichnet. Dann ist die Zeit, in welcher sich die Welle von O nach E fortpflanzt $= t - t_0$ und die Geschwindigkeit

$$g = \frac{E}{t - t_0} \quad \ldots \ldots \quad (6)$$

Hopkins hat nun gezeigt, dass diese Geschwindigkeit g grösser ist, als die wahre constante c, sich aber mit der Zunahme von E ihr asymptotisch nähert, also in asymptotischem Verhältnisse abnimmt.

26. Wir wollen den Beweis in einer Form führen, die den meisten unserer Leser anschaulicher sein dürfte. Man denke sich die verschiedenen Radien r vom Punkte C losgelöst und in ihren E lothend (Fig. 12). Dann stellen sich die Endpunkte H dieser r in einer Curve dar, deren Abscissen die verschiedenen r und deren Ordinaten die E sind *), sobald der An-

*) Wir denken uns die Curve hier von rechts nach links gedreht und die Hauptachse horizontal, den Scheitel zur Linken.

fangspunkt des rechtwinkeligen Coordinatensystemes in O genommen wird. Der Charakter dieser Curve ist sonach bestimmt durch die Gleichung

$$r^2 = h^2 + E^2 \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

welche für das Dreieck COE durch den Pythagoräischen Lehrsatz ausgesprochen wird. Da r hier das x und E das y darstellt, so haben wir

$$x^2 = h^2 + y^2$$

$$\text{oder } x = \sqrt{h^2 + y^2} \quad . \quad . \quad (8)$$

Dies ist aber die Gleichung einer bestimmten Hyperbel; denn wird in der allgemeinen Hyperbelgleichung

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$$

$$a = b = h$$

gesetzt, so verwandelt sie sich in die Gleichung (8). Unsere Curve ist sonach eine Hyperbel, deren grosse Halbachse a gleich der Erdbebentiefe h, deren Anfangspunkt im Oberflächenmittelpunkt, deren Scheitel im Centrum des Erdbebens liegt und deren Achse mit der Erdbebenachse zusammenfällt. Die Asymptote derselben schneidet die Achse daher im Oberflächenmittelpunkt des Erdbebens. Schneidet man nun durch einen Kreis vom Halbmesser h aus dem Punkte C von jedem r ein Stück = h ab, so bleiben noch die Reste w (Fig. 13). Diese wachsen mit den E asymptotisch, wie die Gleichung (7) in der Form

$$E^2 = (h + w)^2 - h^2 \text{ oder}$$

$$E^2 = w^2 + 2wh$$

zeigt, indem daraus $w < E$, für $E =$ unendlich $w = E$ folgt.

Nun ist jedes

$$w = zc$$

wenn z die Zeit ausdrückt, in welcher die Strecke w von der Erdbebenwelle zurückgelegt wird. Bedenkt man, dass diese in demselben Momente in m, n, o u. s. w. ankommt, wo sie in O auftritt und daher die Zeit z, in welcher sie die Strecke w zurücklegt, gleich jener ist, in welcher sie scheinbar von O nach E wandert, so ist

$$z = t - t_o$$

folglich

$$w = c\,(t - t_o) \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

$$c = \frac{w}{t - t_o}$$

diese Gleichung mit (6) verbunden, gibt

$$g = c \cdot \frac{E}{w} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

Da nun w stets kleiner als E und $\frac{E}{w}$ grösser als 1; so ist g stets grösser als c. Da ferner c constant ist und w bewiesenermassen asymptotisch mit E wächst, so nähert sich $\frac{E}{w}$ asymptotisch der 1, daher g mit wachsendem E asymptotisch dem Werthe c, was zu beweisen war. Es folgt daraus, dass bei dem grössten Werthe von E in der Beobachtung sich kein Unterschied mehr zwischen c und g zeigen, also auch g constant erscheinen wird.

27. Ist T die Zeit der Erschütterung in C; t jene von E, so wird

$$r = c\,(t - T) \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

und

$$t - T = \frac{r}{c}$$

aus der Gleichung (7) folgt

$$r = \sqrt{h^2 + E^2}$$

demnach ist

$$t - T = \frac{\sqrt{h^2 + E^2}}{c}$$

und

$$t = T + \frac{\sqrt{h^2 + E^2}}{c} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

Hat man nun wenigstens drei verschiedene E und die dazu gehörigen t, so kann man daraus die drei Elemente: Zeit des ersten Anstosses, Tiefe und Fortpflanzungsgeschwindigkeit finden. Da jedoch ein sehr geringer Fehler in den Zeiten t einen bedeutenden Einfluss auf die Bestimmung der Elemente ausübt, und die Uhren in der Regel keine auf die Minute genau Zeit geben, so wird, selbst bei Auswahl der verlässlichsten Werthe die Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate, welche von Jul. Schmidt bereits für das Rheinische Erdbeben von 1846 zur Berechnung der Oberflächengeschwindigkeit g benützt wurde, unerlässlich. Prof. Kortum war der erste, welcher die Gleichung (12) nach dieser Methode zur Bestimmung sämmtlicher Erdbebenele-

mente verwerthete,*) mit Ausschluss der Schwingungsgeschwindigkeit v.

28. Die Bestimmung von v hat Mallet aus umgestürzten und fortgeschleuderten Gegenständen versucht. Es war dies jedoch nur bei Vernachlässigung von mehreren sehr einflussreichen Factoren möglich, wovon wir namentlich die zusammengesetzte Schwingung der Körper und die Phase derselben bei der Fortschleuderung, sowie den Grad der Befestigung des fortgeschleuderten Körpers hervorheben.

29. Ein graphisches Verfahren, die Elemente zu bestimmen, gründete Prof. v. Seebach auf die Verwerthung der Hyperbel von Hopkins, nach der Gleichung (9), indem er $\frac{w}{c} + K$ als Abscissen (wobei K eine Constante = einige Minuten) und die E als Ordinaten nahm. Da auch c eine Constante, so ist die daraus entstehende neue Curve wieder eine Hyperbel aber von schwächerer Krümmung Da nach (9)

$$\frac{w}{c} = t - t_o$$

so ist, sobald der Oberflächenmittelpunkt, somit jedes E bekannt, diese Hyperbel durch die Erschütterungszeiten t bestimmt.

Ueber die praktische Verwendbarkeit dieser Idee wollen wir den Urheber derselben selbst sprechen lassen: „Die oben kurz angedeuteten Methoden, nach denen Mallet die soeben angeführten Resultate erhielt, waren für das mitteldeutsche Erdbeben vom 6. März 1872 unanwendbar. Hatte dasselbe auch zahl-

*) Bezüglich der Tiefenbestimmung vergleiche Anmerkung 1).

reiche Gegenstände umgestürzt und umgeworfen, so waren dieselben doch meist zu klein gewesen, um nachträglich noch Messungen vornehmen zu können. . . . Ueberhaupt wird Deutschland . . . . nur äusserst selten von Erdbeben heimgesucht, deren Wirkungen bedeutend genug sind, um eine Anwendung des von Mallet durchgeführten Verfahrens zu gestatten. Will man daher in Zukunft auch die deutschen und nordwesteuropäischen Erdbeben oder ganz allgemein schwächere Erderschütterungen wissenschaftlich ausbeuten, so ist eine in ihrem wesentlichen Theile neue, von der Mallet'schen verschiedene Methode erforderlich . . . . Eine nähere Ueberlegung liess nun bald erkennen, dass aus Bestimmungen der Zeiten, in denen die Wellenbewegung durch verschiedene Orte hinweggegangen war, alle auf diese Bewegung bezüglichen Elemente: nämlich der Ursprungsort derselben, d. i. das Epicentrum und die Tiefe jenes unter der Oberfläche, sowie die wahre Fortpflanzungsgeschwindigkeit und der Zeitpunkt des ersten Anstosses sich ableiten lassen würden, während eine directe Berechnung der einzelnen Oscillationen leider ausgeschlossen bleibt . . . . Nachdem mehrfache und mühsame Versuche, diese 3 Elemente des Erdbebens durch Rechnung festzustellen, gemacht worden waren, bin ich bei dem nachstehenden einfachen graphischen Verfahren stehen geblieben, welches nicht nur gestattet, fast mühelos gleichzeitig alle 3 Elemente unmittelbar abzulesen, sondern auch noch nachträglich eine scharfe und sichere Kritik der benutzten Zeitbestimmungen liefert.“ Nun folgt die analytische Entwickelung der Curve, welche wir oben in einfacherer Weise abge-

leitet. Sodann fährt v. Seebach fort: „Da nun der Oberflächenmittelpunkt gegeben ist, ist auch die Lage der Axen der Hyperbel gegeben. Wenn ich daher auf der Abscissenaxe Meilen auftrage und auf der Ordinatenaxe mit dem gleichen Maasstabe Minuten, die ich in beliebiger Weise mit einem, dem Eintritt des Erdbebens etwas vorausgegangenen Zeitpunkte zu zählen anfange, und nun die Entfernungen in Meilen, die Zeiten in Minuten einzeichne, so müssen die Orte eine Hyperbel beschreiben. . . . Da nun ist $c = \frac{h}{a}$ gleich der Cotangente des Winkels zwischen Asymptote und Abscissenaxe, so ergibt sich unmittelbar die wahre Fortpflanzungsgeschwindigkeit und man kann aus dem Netze unmittelbar ablesen, wie viel Meilen die Wellenbewegung in einer Minute durchlaufen hat. Somit ist c bestimmt. Der Punkt, in welchem die ausgezogene Asymptote die Ordinatenaxe (d. i. zugleich die Erdbebenaxe) schneidet, ergibt ferner unmittelbar den Zeitpunkt des ersten Anstosses des Erdbebens, somit ist T bestimmt. Endlich lehrt der Abstand dieses Schnittpunktes von dem Scheitel der Hyperbel die Zeit, welche das Erdbeben brauchte, um vom wahren Erdbebenherde C bis zu dem Oberflächenmittelpunkte O zu gelangen und da seine Geschwindigkeit c bekannt ist, so lässt sich sofort auch die Länge dieses Weges angeben, womit denn auch h bestimmt ist. Diese soeben entwickelte neue Methode zur Erforschung eines Erdbebens ist eine so übersichtliche, bequeme und sichere, dass es wohl keine Anmaassung ist, wenn ich die Hoffnung hiemit ausspreche, dass in Zukunft kein Erdbeben mehr eine civili-

sirte Gegend erschüttern wird, ohne dass der jetzt nur noch wenige Stunden in Anspruch nehmende Versuch gemacht wird, nach dem eben vorgeschlagenen Verfahren seine geologisch wichtigsten Elemente klar zu legen. Wenden wir dieselbe zunächst auf das Erdbeben vom 6. März 1872 an.“ Es stellt sich nun aber heraus, dass die Hyperbel eine so geringe Krümmung hat, dass die Asymptote nicht gezogen werden kann, ohne dass sie ganz in den Hyperbelast fällt. Dieser wird daher selbst als Asymptote angenommen, welche das c und durch ihren Schnittpunkt mit der Ordinatenaxe des T liefern soll. „Sobald jetzt der Scheitel der Hyperbel bekannt ist, ist auch h bekannt. Da nun aber Breslau und Göttingen auf einem Hyperbelstück von so geringer Krümmung liegen, dass wir dasselbe als eine Gerade und direct als Asymptote annehmen konnten, so genügen sie nicht zur Construction des stärker gekrümmten Hyperbelstückes und ihres Scheitels. Man muss zu diesem Zwecke die Zeitbestimmungen der Orte von geringerem Axialabstand benutzen und braucht zu diesem Zwecke nur die andere Asymptote zu ziehen und die Lage eines dieser Orte symetrisch auf der anderen Seite der Ordinatenaxe aufzutragen. Legt man dann durch diesen Punkt ein Strahlenbüschel, so hat man nur den Abstand, in welchem die Strahlen auf der einen Seite die nächste Asymptote schneiden, vor der anderen Asymptote auf dem gleichen Strahl abzutragen, um durch diese Punkte die gesuchte Hyperbel ziehen zu können. Man kann auf diese Weise schnell und exact den Scheitelpunkt finden und, wenn mehrere geeignete Zeitbestimmungen

vorliegen, zugleich deren Uebereinstimmung oder Güte controliren. Dies ist aber in dem vorliegenden Falle nicht ausführbar, da die zu benutzenden Zeitbestimmungen auch nicht annähernd übereinstimmen. . . . Um diese Lücke auszufüllen, liegt es nahe, den Versuch zu machen und das Verfahren R. Mallet's anzuwenden."

In noch viel geringerem Maasse wird für vulkanische Erschütterungen, d. h. nach unserer Theorie, die jedes Erdbeben als ein vulkanisches betrachtet, für Erschütterungen von sehr geringer Tiefe die (v. Seebach p. 162) von Dr. Minnigerode gegebene elegante analytische Entwickelung anwendbar sein.

Es fragt sich nun, ob in der That v. Seebach's Methode nur „in dem vorliegenden Falle" oder vielleicht überhaupt nicht anwendbar ist. Ich glaube das letztere annehmen zu müssen. Denn so lange die Tiefe des Erdbebensitzes den Betrag von 10 Meilen nicht um ein beträchtliches übersteigt, wird die schwache Krümmung der Hyperbel verbunden mit der — noch lange nicht diesen Anforderungen entsprechend zu behebenden — Mangelhaftigkeit der Zeitbestimmungen jeder Anstrengung spotten, über die Tiefe etwas Anderes als ein pures Rechnungsresultat mit rechnungsmässigen Wahrscheinlichkeiten herauszubringen. Auf jeden Fall verdient die Methode von Kortum den Vorzug, obwohl auch sie unter dem zweiten Uebelstande derart leidet, dass gerade jenes Element, welches uns am meisten interessirt, die Tiefe, auf keine Weise bestimmt werden kann. Man möge sich hierüber nur keinen Illusionen hingeben!

30. Oft mag es erwünscht sein, bevor noch alle Erschütterungsorte und somit der Oberflächenmittelpunkt bekannt geworden sind, eine angenäherte Tiefenbestimmung durchzuführen. Dazu genügen zwei Orte E_1 und E_2, deren Abstand D' von einander bekannt und von deren ersterem aus das eigene Stoss-Azimuth und das geographische Azimuth des E_2 beobachtet ist. Es sei a die Differenz dieser Azimuthe, b die analoge in E_2, ferner

$$\frac{2\,D'}{\sin\,(a-b)}\,\cos\,\frac{a+b}{2}\,\sin\,\frac{a-b}{2}=D,$$

dann ist

$$h\,=\,\frac{D\sin(e_1-e_2)}{\sin e_1\,\sin e_2}$$

und so ist die Aufgabe mit Hilfe der Spaltenwinkel in den Orten E_1 und E_2 und des Abstandes dieser Orte von einander gelöst. Will man noch die Elemente c und T finden, so sind allerdings Zeitbeobachtungen nothwendig, allein nur zwei und zweitens nicht absolut richtige Ortszeiten, sondern nur die Differenz des Uhrstandes zweier benachbarter Orte, die, wie uns zahlreiche Erfahrungen gelehrt haben, von einzelnen Personen, welche häufig zwischen beiden Orten verkehren, Postboten, Conducteure u. s. w. zu erkundigen viel leichter möglich ist, als eine absolut richtige Ortszeit zu erhalten. Es ist dann, wegen

$$r_1\,=\,\frac{D\,\sin\,e_2}{\sin\,(e_1-e_2)}$$

und

$$r_2\,=\,\frac{D\,\sin\,e_1}{\sin\,(e_1-e_2)}$$

die Geschwindigkeit:

$$c\,=\,\frac{2\,D}{(t_2-t_1)\,\sin\,(e_1-e_2)}\,\cos\,\frac{e_1+e_2}{2}\,\sin\,\frac{e_1\;\;e_2}{2}$$

und die Zeit des ersten Anstosses:

$$T = t_1 - \frac{D \sin e_2}{c \sin (e_1 - e_2)} = t_2 - \frac{D \sin e_1}{c \sin (e_1 - e_2)}$$

Man hat jedoch stets zu beachten, dass Spaltenwinkel oft überhaupt nicht auftreten, oder wo solche sich zeigen, deren Verlässlichkeit sehr gering ist.

31. Da also die Tiefe wegen Unverlässlichkeit der Spaltenwinkel nicht nach der Methode von Mallet und wegen Unverlässlichkeit der Uhren weder durch die graphische Methode von Prof. v. Seebach, noch durch directe Rechnung selbst bei Anwendung aller Hilfsmittel nach der Methode von Prof. Kortum gefunden werden kann, und gleichwohl dieses Element vorläufig das wichtigste von Allen ist; so wird es nicht überflüssig sein, eine Methode zu suchen, bei welcher weder die Spaltenwinkel noch der Uhrstand, sondern nur die noch am sichersten zu findenden Elemente: der Oberflächenmittelpunkt O und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit c in Verwendung kommen. Eine solche biethet sich dar in der Verwerthung des dem Stosse vorausgehenden Geräusches. Die Annahme, dass die Bodenbewegung und der Schall dieselbe Ursache haben und im Erdbebencentrum gleichzeitig eintreten, wird, unabhängig von jeder Theorie, kaum zurückzuweisen sein; namentlich gilt dies für jene Schallphänomene, welche Kanonenschüssen gleichen. Allerdings trifft diese Annahme am besten für unsere Theorie, die ja das Erdbeben durch eine unterirdische vulkanische Explosion entstehen lässt, zu. Wird die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles im Erdboden (ç) als constant und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Erdbebens (c)

proportional angenommen, so ist $\frac{c}{ç}$ eine Constante (k), welche durch ein gut bestimmtes Erdbeben ermittelt werden könnte. Es ist dann, wenn die zwischen der Erschütterung in C und in E verflossene Zeit mit N, und die zwischen dem Eintritte des Schalles in C und in E verflossene Zeit mit n bezeichnet wird,

$$r = c\,N = ç\,n$$

$$\frac{n}{N} = k$$

$$n = \frac{c\,N}{ç}$$

Wird ferner die vom Gewahrwerden des Schalles bis zum Empfinden der Erschütterung verfliessende Zeit mit S bezeichnet, so dass

$$n = N - S$$

wird, dann ist

$$r = \frac{c\,S\,ç}{ç-c}$$

und wegen $h = r \sin e$

$$h = \frac{c\,S\,ç \sin e}{ç-c} \quad \ldots\ldots (14)$$

Diese Gleichung verbunden mit (5) gibt

$$E \operatorname{tang} e = \frac{c\,S\,ç \sin e}{ç-c}$$

woraus

$$\cos e = \frac{E\,(ç-c)}{c\,S\,ç}$$

folgt, so dass nun unabhängig von Spaltenbeobachtungen der Emersionswinkel e berechnet, und in die Gleichung (14) als bekannt eingeführt werden

kann. Es findet sich daher nach Gleichung (14) die Tiefe mittelst gewisser Werthe von c und ç durch Zählung der Secunden, welche vom Beginne des Geräusches bis zum Beginne des Erdbebens verfliessen, wozu weder eine richtige Zeit noch eine sehr gute Uhr erforderlich ist. Während die Methode der Zeiten, wie v. Lasaulx bemerkt, Orte möglichst aus der Nähe des Oberflächenmittelpunktes erfordert, würde unsere Methode solche aus grösserer Entfernung begünstigen; damit wächst aber auch die Zahl der brauchbaren Daten gegenüber der Zeitmethode, was für die Sicherheit des Resultates von günstigem Einfluss ist. Wird in der Gleichung (14) statt $\frac{c}{ç}$ die Constante k eingeführt, so verwandelt sie sich in

$$h = \frac{c\ S\ \sin\ e}{1-k} \quad \ldots\ (15)$$

Ich habe vorläufig k aus dem Erdbeben vom 22. October 1873 nach den Elementen von v. Lasaulx bestimmt, indem ich annahm, dass das in Dormagen (E = 62105,4 Meter) vernommene Schallphänomen der Erschütterung um 4 Secunden vorausging und k = 0,97716 erhalten. Sonach würde sich die Gleichung (14) in

$$h = \frac{c\ S\ \sin\ e}{0{,}02284}$$

verwandeln, welche an Einfachheit Nichts zu wünschen übrig lässt. Das e bestimmt sich dann aus

$$\cos\ e = \frac{0{,}02284\ E}{c\ S} \quad \ldots\ (16)$$

Wenn die diesen Formeln zu Grunde gelegte Annahme über den Ursprung des Schallphänomens

wesentlich unstatthaft sein sollte, so ist klar, dass sich dies offenbaren muss, sobald man nach ihnen das S für solche Erdbeben berechnet, von welchen das h bereits auf andere Weise gefunden worden ist. Denn wir wissen, dass ein S = 10 oder grösser als 10 den Beobachtungen widersprechen würde, insofern das Geräusch oder die Detonation stets nur wenige Secunden der Erschütterung vorausgeht. Ich habe zur Prüfung meiner Ansicht über das Schallphänomen jene vier Erdbeben benützt, von welchen die Elemente h und c angenähert bekannt geworden sind. Folgende sind die Resultate für S an einem Punkte, der, wie Dormagen beim Erdbeben vom 22. Oct. 1873, nahe 8,37 g. M. vom Oberflächenmittelpunkte entfernt ist:

	Rhein. 29.10. 1846	Sillein 15.1. 1858	Neapel 16.12 1857	M. Deutsch. 6.3.1872.
h	38806	26266	9275	17956
c	567,6	206,0	259,7	742,0
S	3,0	7,5	5,6	2,0

Dies besagt: Ein Geräusch, welches die von uns angenommene Ursache und Fortpflanzungsgeschwindigkeit hat, verhält sich bezüglich der Zeit seines Eintrittes genau so, wie das Geräusch, welches in der Regel vor Erderschütterungen vernommen

wird. Die Constante k dürfte demnach nahe richtig, und die Formel (15) zur Tiefenbestimmung geeignet sein, insoferne c anderweitig zu ermitteln ist.

Endlich ist ohne Kenntniss von c und k die Tiefe zu finden, wenn S in O und S' in E beobachtet wird, indem der Emersionswinkel aus

$$\frac{S}{S'} = \sin e \ldots\ldots (17)$$

berechnet und in die Gleichung (5) substituirt werden kann. Welche der drei in den Gleichungen (13), (15) und (17) von mir vorgeschlagenen Methoden in einem bestimmten Falle zu wählen ist, müssen die Umstände entscheiden.

32. Wir erwähnten, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit c constant ist und die Oberflächengeschwindigkeit g sich dem c asymptotisch nähert. Dies ist an die Bedingung geknüpft, dass die Schichten der Erde den Longitudinalschwingungen nach allen Richtungen gleichen Widerstand entgegensetzen. Nun ist aber klar, dass alle geologischen Schichten leichter senkrecht auf ihr Streichen als parallel mit demselben schwingen. Es wird daher bei einer horizontalen Lagerung der Schichten Fig. 14 (Taf. X) den Schwingungen ein desto grösserer Widerstand von solchen Schichten entgegengesetzt, je kleiner der Emersionswinkel e wird. Die Oberflächengeschwindigkeit g nimmt dann noch viel rascher ab, als es die Theorie lehrt. Dies gilt desto mehr, je geringer die Tiefe ist. In einem hohlen Raume wird endlich die Schwingung nur durch die Luft fortgepflanzt, also der Widerstand gewissermassen noch grösser erscheinen, und ein Ort E_2, dessen Verbindungslinie mit dem Erdbebencentrum

C durch einen solchen hohlen Raum von einiger Ausdehnung läuft, wird möglicherweise gar nicht erschüttert werden, während alle um ihn herumliegende Orte heftige Erschütterung erleiden. Er steht auf einer Erdbebenbrücke.

33. Nach Gleichung (1) ist

$$i = \frac{J}{r^2}$$

und für ein zweites Beben

$$i' = \frac{J'}{r'^2}$$

An der Grenze des Erschütterungsgebietes, wo r durch R ausgedrückt sein möge, wird

$$i = i'$$

also

$$\frac{J}{R^2} = \frac{J'}{R'^2}$$

demnach

$$\frac{J'}{J} = \frac{R'^2}{R^2}$$

d. h. die Intensitäten zweier Erdbeben verhalten sich wie die Quadrate ihrer Elongationsradien. Setzt man J = 1, d. i. betrachtet man die Centrumsintensität eines bestimmten Erdbebens als Einheit, so ist diese Intensität bei einem zweiten Erdbeben

$$J' = \frac{R'^2}{R^2} \quad \ldots . \quad (18)$$

die Gleichung (17) gibt sonach ein Maass für alle Erdbeben bezüglich der Centrumsintensität. Es ist noch nicht ausgemacht, ob zwischen J und c eine constante Abhängigkeit besteht.

34. Betrachten wir uns nun das Verhalten der Componenten der Oberflächenintensität i. Es sei Fig. 5 (Taf. VIII) p die senkrechte, q die horizontale Componente der durch die Länge und Richtung der Diagonale E_i i_i ausgedrückten Stärke und Richtung der Erschütterungskraft i. Dann ist

$$p = i \sin e \ldots . \quad (19)$$

$$q = i \cos e \ldots . \quad (20)$$

Die Componente p repräsentirt die aufstossende, q die ruckweise, umstürzende Kraftäusserung. In sehr entfernten Orten, wo e gleich Null ist, wird $\sin e = 0$, $\cos e = 1$

$$p = 0$$

$$q = i$$

d. h. die aufstossende Bewegung wird gar nicht zur Erscheinung kommen; die ganze, hier auftretende Intensität wird auf die umstürzende Bewegungsweise verwendet. Im Oberflächenmittelpunkte O ist, wegen $e = 90^o$

$$p = i$$

$$q = 0$$

also das Gegentheil der Fall; hier wirkt die ganze Intensität aufstossend. Nahe an O ist $p > q$, also;

$$\frac{p}{q} < 1$$

nahe an L $p < q$, also

$$\frac{p}{q} > i$$

Zwischen O und L muss daher irgendwo

$$\frac{q}{p} = 1$$

oder

$$q = p$$

werden.

Dies ist der Ort der grössten Verwüstung. Denn nicht wie Mallet behauptet, ist die Zerstörung dort am grössten, wo die Componente q ein Maximum wird, sondern dort, wo sich die aufstossende und die umstürzende Componente gegenseitig am besten unterstützen. Wo dies der Fall ist, besagen die Gleichungen (19) und (20), da dann

$$\sin e = \cos e$$

wird, was nur bei $e = 45^{\circ}$, also an einem Orte, wo $E = h$, d. i. der um den Betrag der Tiefe vom Oberflächenmittelpunkte entfernt ist, statt hat.

35. Bisher haben wir die Schwingungen des Bodens als die Folge einer einzigen Explosion in einer bestimmten Tiefe betrachtet. Findet jedoch ein vulkanischer Durchbruch mehrerer über einander liegender Schichten statt, wie dies nach unserer Theorie für den ersten oder Hauptstoss angenommen werden muss, so erhalten wir mehrere, der Zeit nach sehr rasch aufeinander folgende Erschütterungscentra von abnehmender Tiefe, gewissermassen ein Explosionsbündel, eine Reihe von Stössen, in einen Moment zusammengedrängt. Die Folge davon ist:

a) Es werden wegen der abnehmenden Tiefe für einen nahe an dem Punkte O gelegenen Orte E die Emersionswinkel im Explosionsbündel immer kleiner, Fig. 15. (Taf. X) demnach die p kleiner, die q grösser d. h. der anfangs aufstossende Charakter

des ersten Stosses wird am Ende desselben in einen ruckweisen übergehen. Wir bezeichnen einen Stoss der ersteren Form mit ↑, der letzteren mit ↔. Es gibt also eine Reihe von Centren, von welchen wir das erste C_a und das letzte C_z hervorheben. C_a C_z ist die Richtung des Durchbruches.

b) Da diese vielen C sich im Allgemeinen nicht senkrecht auf die Oberfläche aneinanderreihen werden, so haben wir auch eine Reihe von O. (Fig. 16.) Daher wird die Periferie des Erschütterungsgebietes nicht mehr einen Kreis, sondern eine Ellipse darstellen. Nahe O_a wird die Richtung jener von O_z genau entgegengesetzt sein. Zwischen beiden springt die Richtung daher plötzlich um.

c) In den Orten, die beiderseits der Durchbruchs-Projection O_a O_z liegen (Fig. 17 Taf. XI), wird dieser Uebergang der Richtung nicht plötzlich, sondern allmälig stattfinden, demnach müssen während der Dauer des Stosses auch die Azimuthe sich ändern. Denn es ist klar, dass zwischen Anfang und Ende des Stosses sich in einem Punkte E, der zwischen O_a und O_z, aber nicht in ihrer Verbindungslinie liegt, sich das Azimuth um den Winkel C_a E C_z gedreht hat. Daraus ersieht man sogleich, dass die Drehung desto bedeutender ist, je näher E der Projection O_a O_z liegt. Ob es dabei näher an O_a oder näher an O_z liegt, ist für den Betrag der Drehung gleichgiltig, nur wird im ersten Falle der Stoss den Charakter von O_a, im letzten von O_z haben. Das Maximum der Drehung kann nahe 180°, nie aber = 180° betragen.

36. Nach consequenter Durchführung der vorstehenden Erörterungen ergibt sich für den allgemeinen Typus eines ersten Stosses in der vollendetsten Form, wie er etwa in der Dauer von 10 Secunden in E_m erscheint, folgendes Schema:

Phase	A		B	C	D	E	F			
Secunde	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Charakter	≡									

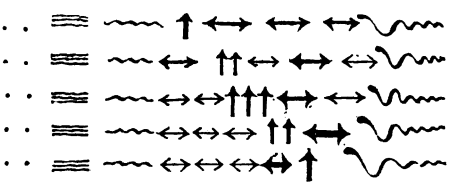
Zunächst wird nämlich das Schallphänomen (≡) des ersten Durchbruches vernommen, zu welchem sich das Getöse der folgenden gesellt, und welches daher wachsen wird. In der Phase B treten bereits die ersten Schwingungen ein, welche von den tiefsten Stössen stammen und nur Mitschwingungen sind (vergl. Absatz 10) daher einen wellenförmigen Charakter haben. Sie nehmen gleichfalls an Stärke zu. In der Phase C beginnen die selbstständigen Schwingungen, und zwar, wegen dem kleinen Emersionswinkel, nach der Componente q d. i. ruckweise, in einem Azimuthe, das nahe gleich dem Azimuthe von O_a ist und wobei die Azimuthrichtung mit der Canalprojection den Winkel α bildet, dessen Sinus gleich ist der Entfernung des Erschütterungsortes von jener Projectionslinie dividirt durch dessen Entfernung von O_a. Die Intensität der Stösse wächst, das Azimuth dreht sich gleichzeitig nach der Seite, wo die Projection liegt, die Componente p nimmt zu und damit

geht die ruckweise Bewegung in eine aufstossende über, welche in der Phase D desto vollkommener auftritt, je näher der Beobachter sich an der Projection des Eruptionscanales befindet. Die Azimuthlinie in dieser Phase steht auf der Projection senkrecht und bestimmt demnach die Richtung dieser letzteren unmittelbar, tritt aber desto schwächer hervor, je näher der Ort an der Projection liegt. Von hier nimmt die Intensität ab; die ruckweise Bewegung kehrt zurück und geht endlich in der letzten Phase in eine wellenförmige Schwingung über, welche viel stärker sein wird, als jene in der Phase B, da sie eine Nachschwingung aus der Summe aller vorausgehenden ist. Die Phasen C und E sind die gefährlichsten.

37. Aus diesem allgemeinen Stosstypus leiten sich folgende besondere Stosstypen für verschiedene Lagen der Erschütterungsorte gegen die Projection des Eruptionscanales ab:

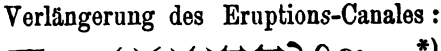
a) In der Projectionslinie:

I in O_a . . . . .
II nahe O_a . . . .
III Mitte O_m . . .
IV nahe O_z . . . .
V in O_z . . . . .

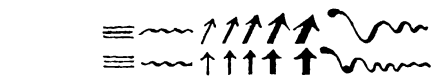


b) In der Verlängerung des Eruptions-Canales:

VI . . . . . *)

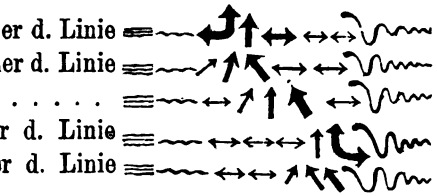


*) oder



je nach der Neigung des Eruptionscanales gegen die Oberfläche. Das Eigenthümliche dieses Typus ist der stetige Charakter der Stösse.

c) Nahe der Projectionslinie:

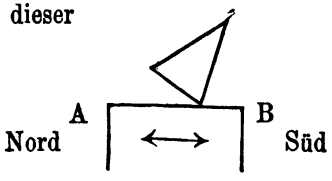
VII } nahe O_a näher d. Linie
VIII } nahe O_a ferner d. Linie
IX Mitte E_m . . . . . 
X } nahe O_z näher d. Linie
XI } nahe O_z ferner d. Linie

d) Alle übrigen weiter entfernten:

XII . . . . .

Einen aufmerksamen Beobachter kann demnach der Stosstypus über die Lage des Eruptionscanales orientiren.

38. In Folge der nach Abs. 35. c) in der Nähe des Eruptionscanales eintretenden Drehung der Azimuthe wird bei Gegenständen, die aus mehreren übereinander liegenden Theilen bestehen, wie Pyramiden, oder solchen, die lose auf Unterlagen stehen, wie Statuen, eine Drehung der einzelnen Theile gegen einander oder gegen die Unterlage bewirkt, da während der momentanen Trennung des Schwerpunktes von seinem Unterstützungspunkte die Aenderung der Schwingungsrichtung des unten anstehenden Theiles nicht auf den über ihm in der Luft schwebenden übergeht und dieser, in seine alte Lage zurückfallend, die Unterlage nicht mehr in dieser alten Lage trifft. Es schwinge z. B. anfänglich die Basis AB von Nord nach Süd, so dass eine darauf ruhende Pyramide in dieser



Richtung schwankt Aendert sich in dem hier angedeuteten Momente die Schwingungsrichtung der Basis AB und geht z. B. in Ost-West über, so wird die Pyramide nach ihrer Rückkehr in die Ruhelage gegen Ost gedreht erscheinen, weil im Momente der Schwingungsänderung der Schwerpunkt nicht durch den Unterstützungspunkt geht und die neue Richtung mit der Verbindungslinie dieser beiden Punkte einen rechten Winkel bildet. Je grösser dieser Winkel und jede der beiden Schwingungen ist, desto stärker ist die Drehung.

39. Bei allen Gegenständen, deren Querschnitt zu ihrer Höhe in einem sehr kleinen Verhältnisse steht, wie bei hohen Säulen, Thürmen u. dgl. ist Folgendes zu beachten. Durch den ersten Stoss entsteht eine pendelartige Schwingung in der Richtung des Stossazimuthes. Aendert sich dieses nicht, so wird durch die nachfolgenden Stösse die Schwingungsrichtung nicht geändert. Aber in den Typen der Kategorie c) (Absatz 37) tritt eine solche Aenderung ein und die Bahn, welche z. B. der Thurmknopf beschreibt, wird eine sehr complicirte krumme Linie, die sich nach der Schwingungsamplituden-Phase, dem Aenderungswinkel und der Intensität, mit welcher der zweite Stoss eintritt, gestaltet. Um ein einfaches Beispiel zu geben, nehmen wir an, dass der zweite Stoss in dem Momente eintrat, wo der Thurmknopf in der ersten Schwingung sich mit einem Minimum von Geschwindigkeit im Punkte o (Fig. 18, Taf. XI.) befindet. Die Azimuths-Aenderung betrage 90°; die Amplitude der ersten Schwingung sei 5, der zweiten 7 Zeittheile. Dann wird der Knopf des Thurmes in

M, welcher im Momente o durch die erste Schwingung nach Nord gebracht wurde, wenn die Amplituden durch 86 Zeittheilchen anhielten, die Linie Fig. 18. beschreiben. Eine zweite Aenderung des Azimuthes bei einem dritten Stoss würde die Curve neuerdings verändern u. s. f. Da der Fall der Gegenstände von einem Thurme am sichersten eintritt, wenn

a) die Lockerung in der senkrechten,

b) in der horizontalen Richtung,

c) die Abweichung des Schwerpunktes vom Unterstützungspunkte am stärksten wird, so werden die Momente, wo die höchsten Theile zu Falle kommen, am sichersten in jenen Punkten eintreten, wo

1) das Maximum der vorausgehenden Geschwindigkeit (bewirkend a);

2) eine rasche Krümmung (bewirkend b);

3) das Maximum der Neigung des Thurmes (bewirkend c) zusammentreffen. In Fig. 18 weisen die Punkte 8, 60 und 78 nur die beiden ersteren Factoren auf; die Punkte 20 und 49 dagegen enthalten alle drei, daher wird die Wahrscheinlichkeit des Sturzes der höchst befindlichen Gegenstände hier am grössten sein. Sie werden in der Richtung der betreffenden Tangente weggeschleudert. Mehrere Stücke, welche dem allgemeinen Sprachgebrauche nach, sich „gleichzeitig“ ablösen, werden, strenge genommen, wenn man sehr kleine Zeitunterschiede berücksichtiget, doch Differenzen der Ablösungszeit aufweisen, weil ja die Bedingungen des Haftens bei jedem verschieden sind. Betrachten wir die Punkte 20 und 21, in welchen die Wahrscheinlichkeit des Sturzes gleich ist, so erscheint der Zeitunterschied klein genug, um das

„gleichzeitige“ Losreissen mehrerer benachbarter Theile, wie Kreuz, Knopf, Pyramide u. s. w. auf diese verschiedenen Punkte zu vertheilen. Nun weisen aber beide Punkte sehr verschiedene Tangentialrichtungen auf. Je höher der Thurm und je grösser die Intensität der Stösse war, desto weiter müssen die einzelnen Gegenstände geschleudert werden und desto stärker wird daher diese Verschiedenheit der Tangentialrichtungen in der Lage der gefallenen Gegenstände gegen die Basis des Thurmes zum Ausdruck gelangen. Die einzelnen Stücke werden nach verschiedenen Weltgegenden liegen. Dies ist nicht möglich, wenn die Schwingungen stets in denselben Azimuthen vor sich gehen.

40. Die Uebereinstimmung der Beobachtungen mit den vorstehenden Entwickelungen ist es nun, welche ganz besonders unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen muss. Sie gibt den Voraussetzungen desto mehr Berechtigung, je schwieriger es wird, constatirte Thatsachen des Erdbeben-Phänomens auf andere Weise mit gleicher Ungezwungenheit zu erklären. Vorläufig sind wir berechtigt an diesen Voraussetzungen festzuhalten:

a) dass jede einzelne Stossursache wie eine Explosion nach allen Seiten wirksam werde.

b) Dass die stärksten Erschütterungen, welche Drehungen der Gegenstände bewirken, Gruppen von Stössen sind, die, in den Zeitraum von wenigen Secunden zusammengedrängt, in der Regel als Hauptstoss eine Reihe von Erschütterungen auf Wochen und Monate einleiten.

Sodann handelt es sich darum, jene Kräfte der Natur in Betracht zu ziehen, welche in den Tiefen der Erde wie eine Explosion wirken und zugleich sich zu Explosionsbündeln anhäufen können.

Was nun die erste Annahme betrifft, so wird sie, wie bereits Eingangs bemerkt, auch von Anhängern anderer Theorien gemacht, z. B. von jenen, welche einen Sturz als Ursache der Erdbeben ansehen. Es ist jedoch klar, dass bei einem solchen die Erscheinungen an der Oberfläche wesentlich anders verlaufen müssen, als in den vorausgehenden Entwickelungen gezeigt wurde, denn

1. nur die vom stürzenden Körper selbst aus ihrer Ruhelage gebrachten Theilchen hätten directe Schwingungen, alle übrigen Nachbartheilchen weisen nur Mitschwingungen auf, welche, wie leicht einzusehen, sich rasch dämpfen. Die Verdrängung der Massentheilchen aus der Ruhelage wirkt nicht nach allen Seiten, die primären Wellen bilden demnach keine Kugelschalen. Die Formel E tang e ist für die Berechnung der Tiefe nicht mehr anwendbar.

2. Es gäbe nur einen Stoss. Dass der erste Stoss aus zahlreichen einzelnen Stössen sich zusammensetzt, findet durch die Annahme eines Einsturzes keine Begründung.

3. Der Charakter der Stösse wäre überall gleichförmig und zwar wellenartig; die aufstossenden heftigen Bewegungen sind nicht erklärt.

4. Die Intensität der Schwingung nähme ab.

5. Die Azimuthe änderten sich nicht.

Auf gleiche Weise lässt sich zeigen, dass die Bildung eines Spaltes durch Berstung, welche

namentlich Mallet als Ursache der Erdbeben ansieht, Erschütterungen von ganz bestimmter Art, die sich wesentlich von den oben entwickelten unterscheiden würden, hervorbringen müsste. Hier wirkt der directe Anstoss nur nach zwei Seiten, also keinesfalls wie eine Explosion und die erwähnte gerade von Mallet aufgestellte Formel ist für die Berechnung der Tiefe wieder nicht anwendbar. Abgesehen davon, ist es der Vorgang der Spaltbildung selbst, welcher in solcher Weise sich füglich in Zweifel ziehen lässt.

Dass Rutschungen am allerwenigsten geeignet sind, das Erdbeben-Phänomen mit allen seinen charakteristischen Eigenthümlichkeiten zu erzeugen, brauchen wir derjenigen, die solche Erscheinungen selbst beobachtet haben, wohl nicht näher auseinander zu setzen. [15])

Man glaube daher nicht, dass es unmöglich sei, sich aus dem Charakter der Stösse selbst für eine oder die andere Theorie zu entscheiden. An Orten, wo starke Erdbeben vorkommen, wird stets Gelegenheit vorhanden sein, ihren Charakter zu studiren und dann muss sich die Entscheidung auch aus den Erörterungen dieses V. Abschnittes von selbst aufdrängen.

VI.

Zusammenfassung der maasgebenden Erscheinungen.

A.

I. Der Einfluss von Sonne und Mond auf die Häufigkeit und Stärke der Erdbeben ist analog ihrem Einflusse auf die Gezeiten. Dies zeigt sich nicht nur bei Vergleichung der einzelnen theoretischen Fluthstärken mit den Beobachtungen der Erdbeben, sondern auch nach Elimination des Mond-Einflusses durch den Einfluss der Sonne (pag. 86).

II. Die Art des Zusammenhanges zwischen Gezeiten und Erdbeben ist weder als directe Wellenbewegung des flüssigen Theiles der inneren Massen, noch als Zerrung und Dehnung der festen Kruste durch jene Anziehung zu denken, der zufolge etwa Spaltbildungen und Einstürze entstünden. Dies würde nur durch eine directe Hochfluth der flüssigen Masse von einer so bedeutenden Stärke möglich sein, wie sie die Rechnung nicht zulässt. Die directe Fluth ist äusserst gering. Ausserdem spricht auch der Erdbeben-Typus nach drei Beziehungen dagegen.

a) Der Stoss-Typus.

1. Der Hauptstoss besteht aus einem Bündel von einzelnen Stössen, die rasch aufeinander folgen.

2 Die Intensität dieser einzelnen Stösse wächst.
3. Der Charakter derselben ändert sich.
4. Die Azimuthe ändern sich.

b) Der Reihen-Typus.

1. Auf den ersten Stoss, der in der Regel der Hauptstoss ist, folgen zahlreiche weitere Erschütterungen (pag. 42).
2. Sie sind am ersten Tage am zahlreichsten (pag. 42).
3. Sie nehmen an Zahl und Stärke in einigen Tagen ab, kehren später wieder, doch selten in der Stärke und Zahl des ersten Tages. Die Zeit der Wiederkehr steht in enger Beziehung zur theoretischen Stärke und Zeit der Hochfluth (pag. 42 und 43).

c) Der topographische Typus.

Erdbeben ereignen sich am zahlreichsten in jenen Gegenden, wo

1. Noch thätige oder erloschene Vulkane sich befinden. (pag 2).
2. Wo hohe Gebirge mit plutonischem Kerne von Spalten-Thälern begrenzt werden (pag. 2).
3. Wo sich Hochgebirgs-Ketten kreuzen (pag. 121).
4) Wo heisse Quellen zu Tage treten. [16])

Der Erdbebenherd liegt, wie es scheint, in Deutschland tiefer, als in Italien.

III. Erdbeben, die bei Vulkanen auftreten, unterscheiden sich in ihren einzelnen Phänomenen nicht von den übrigen. Sie zeigen sich selten vor,

häufiger und stärker unmittelbar nach der Eruption*) (pag. 66).

B.

An die Erklärung der unter III erwähnten Erscheinung hat die empirische Forschung nach der Ursache der Erdbeben anzuknüpfen, denn hier haben wir ein identisches Phänomen vor uns, über dessen nächste Ursache kein Streit herrscht. Wir wissen, dass die Lava, die im Vulkane aufstieg, die Erdbeben hervorbringt. Wir kennen die explosionsartigen Erscheinungen, welche das Auftreten der Lava an der Oberfläche begleiten und wissen, dass ihnen die Eruption ihre grosse mechanische Kraft verdankt. Nachdem erwiesen ist, dass Erdbeben in grosser Heftigkeit nicht vor, sondern nach den Eruptionen eintreten und andererseits nur die Lava sie hervorrufen kann, so muss sich der Forscher die Frage stellen: wodurch unterscheidet sich der Zustand der aufsteigenden von jenem der zurücksinkenden, die Lava vor der Eruption von jener nach derselben? Es ist mir nicht bekannt, dass sich irgend Jemand diese Frage gestellt hätte, und gleichwohl liegt in der Beantwortung derselben das Fundament einer gesunden Erdbebentheorie. Nach dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft gibt es nur eine einzige Antwort auf diese Frage: Die aufsteigende Lava befindet sich unter dem Drucke überlagernder

*) Schon der jüngere Plinius hebt hervor, dass dem Ausbruche des Vesuv im Jahre 79 nach Chr. nur sehr schwache, gar nicht beachtete Erdbeben vorausgingen, während in der Nacht nach dem Ausbruche die furchtbarsten Stösse folgten.

Dämpfe von grosser Spannung und wird durch die Entweichung der letzteren bei der Eruption von diesem Drucke befreit. Hierin unterscheidet sich die aufsteigende Lava von der zurücksinkenden. Eine andere Eigenschaft tritt nicht hinzu. Die Kraft, welche Erdbeben erzeugt, muss daher in der Lava schon früher vorhanden sein; treten dessenungeachtet beim Aufsteigen der heissen Masse keine Erdbeben ein, so kann das Hinderniss nur im Dampfdrucke liegen, welcher die explosive Thätigkeit der Lava, wie sie pag 52 geschildert wurde, hemmt. Wir hätten demnach als erstes Ergebniss unserer Forschung die Ueberzeugung gewonnen, dass Dämpfe Erdbeben verhindern, in directem Gegensatze zu der alten Ansicht, nach welcher die Dämpfe des Erdinnern Erdbeben erzeugen. Nachdem wir anderseits empirisch keine andere Ursache der Erdbeben kennen als Lava, so müssen wir diese auch dort, wo sie nicht an die Oberfläche gelangt, als Ursache der Erschütterungen ansehen, und ihre Befreiung vom Dampfdrucke durch eine unterirdische Eruption voraussetzen. Wenn nun bei oberirdischen Eruptionen der Durchbruch trotz seiner explosiven Energie selbst keine Erschütterung der benachbarten Orte erzeugt, so liegt die Ursache darin, dass die Erschütterungswelle desselben mit ihrem grössten Theile in die Luft übergeht; erst die durch unterirdische Explosionen der zurücksinkenden Lava erzeugten Stosswellen treffen festen Boden und bringen ihn in schwingende Bewegung. Bei einer durchaus unterirdischen Eruption muss jedoch auch der erste Durchbruch, welcher die grösste

explosive Wirkung hat, den Boden in Bewegung bringen, und es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass diese Bewegung heftiger sein muss, als die folgenden Explosionen der vom Dampfdrucke befreiten Lava. Finden wir daher bei den stärksten Erdbeben in der Regel den ersten Stoss als den heftigsten und ausserdem die Einzelnerscheinungen desselben, wie sie unter II a) aufgeführt sind, als übereinstimmend mit den Wirkungen eines Durchbruches von unten nach oben, so ist dies nur eine Bestätigung des einfachen, auf anderen Prämissen (III) aufgebauten Schlusses. Eine weitere Bestätigung desselben liefern die unter II b) angeführten Thatsachen, welche vollkommen der Thätigkeit einer Lava entsprechen, die im Zurücksinken mit Unterbrechung durch kleinere Hebungen begriffen ist. Der Fluth-Einfluss von Sonne und Mond kann daher nur als Beeinflussung der Schwere und des Druckes auf die Lava, nicht aber als eine directe Einwirkung auf die einzelnen Parthien der starren Erdrinde aufgefasst werden. Was dann ferner unter II c) hervorgehoben wurde, bezieht sich auf die Relationen des Vulcanismus zu den Kräften, welche einerseits mit den Erscheinungen der heissen Quellen, anderseits mit der Bildung der Hochgebirgsketten im engern Zusammenhange stehen, und führt die Tiefe der vulkanischen Thätigkeit als eine Function der Zeit in die Betrachtung ein. Sind auch die Ursachen des Vulcanismus zu allen Zeiten dieselben, so ändert sich doch ihre Erscheinungsweise in verschiedenen Jahrtausenden.

Wie sich nun das gegenwärtige Stadium des Vulcanismus mit allen diesen Relationen in die Geschichte der Erde einfügt, in wenigen Strichen zu skizziren, ist die Aufgabe des folgenden Abschnittes.

VII.

Die Abkühlungs-Geschichte der Erde in kurzen Umrissen.*)

Durch das Nachdenken über die Ursachen der sismischen und vulkanischen Thätigkeit der Erdoberfläche wurde ich, ohne es zu beabsichtigen, nothwendig auf die Entwicklungsgeschichte der Erde geleitet und gewahrte im Studium derselben einen Umstand, der bisher noch von Niemandem hervorgehoben worden war, mir aber dessen ungeachtet von grosser Wichtigkeit schien und von bedeutendem Einfluss auf die ursprüngliche Gestaltung der Erdoberfläche. Ich habe die Resultate meiner Studien im Laufe der vergangenen Jahre veröffentlicht. Hier möchte ich einen Auszug aus jenem Buche geben, der mir um so nothwendiger erscheint, als meine darin entwickelte Erdbebentheorie vielfach missverstanden wurde von solchen, denen das Werk selbst nicht zugänglich war.

Eine gesunde Theorie der Erdbeben und vulkanischen Reactionen kann nicht abgerissen für sich allein dastehen; sie muss aus der Geschichte der Erde wie eine Folgerung aus den Prämissen hervorgehen. Fol-

*) Zuerst in den Wiener „geografischen Mittheilungen“ 1872, März 28. veröffentlicht.

gende sind die Grundzüge dieser Geschichte, wie sie, — nach des Verfassers Ansicht, — von den gegenwärtig erkannten Thatsachen dictirt werden.

1. Die Bahnverhältnisse der Planeten und ihre Achsendrehung liessen schon früher den gemeinsamen Ursprung aller Planeten aus einem das ganze System erfüllenden gasförmigen Mutterkörper mit grösster Wahrscheinlichkeit annehmen. Die neuesten Resultate der Spectralanalyse bestätigen diese Annahme. Der Mutterkörper, als dessen innerster Kern die Sonne zu betrachten ist, musste durch Ballungsacte der Materie eine hohe Temperatur, durch Bewegungsdifferenzen eine Rotation erhalten, welche letztere sich in dem Maasse beschleunigte, als sich der Gasball durch Abkühlung zusammenzog. Diese Geschwindigkeitszunahme bewirkte eine Verminderung der Gravitation und hiemit die allmähliche Ablösung der Ringe, aus welchen die Planeten hervorgingen.

2. Daraus folgt, dass die Erde einst gleichfalls eine hohe Temperatur besass und in flüssigem Zustande war. Letzteres wird ferner aus der Abplattung überhaupt und aus ihrem numerischen Werthe insbesonders erwiesen.

3. Die Abkühlung musste von aussen nach innen vor sich gehen und es ist anzunehmen, dass die Erde noch nicht gänzlich erstarrt sei, wofür die ausnahmslose Zunahme der Temperatur mit der Tiefe, die heissen Quellen und die vulkanischen Laven Zeugnisse liefern.

4. Es herrschen keine Sprünge im Aggregatzustande der Massen von aussen nach innen. Alle einzelnen Schichten sind unter sich als solidarisch verbunden zu betrachten. Wäre dies nicht der Fall,

so könnte in Folge der kosmichen, auf den Aequatorialwulst ausgeübten Anziehungen die äussere Schale unmöglich stets die gleiche Lage in Bezug auf die innerste Masse und deren Rotationsebene beibehalten.

5. Diese feste Verbindung zwischen der abgekühlten Kruste und der inneren flüssigen Masse wird hergestellt und aufrecht erhalten durch den Druck der sich zusammenziehenden Kruste auf die innere Masse und durch den Gegendruck dieser letzteren in ihren Fluthbestrebungen.

6. Je dünner die Erdrinde war, desto grösser war die Beeinflussung derselben durch diese Fluthung (Gezeiten) des flüssigen Innern. Dadurch wurde die Gleichmässigkeit der Abkühlung gestört.

7. Die zuerst entstandene Kruste wurde theilweise wieder durchbrochen und eingeschmolzen. Die nicht eingeschmolzenen Theile derselben bildeten Abkühlungscentra und wurden zugleich dichter, daher fester als die später consolidirten Flächen. Sie konnten deshalb künftig weniger von der inneren fluthenden Masse gehoben und durchbrochen werden und müssen so für alle kommenden Zeiten eine glatte Fläche bilden mit tieferem Niveau (Hartboden). Die Bestätigung finden wir in den Mareflächen des Mondes und im Meeresboden der Erde.

8. Dass diese Abkühlungsdifferenz eine so grosse Ausdehnung angenommen und in einem Contraste beider Hemisphären sowohl auf der Erde als auch auf dem Monde zur Erscheinung kommt, kann seinen Grund haben in einer vorwiegenden Ueberfluthung der einen Hemisphäre. Diese wird in der That erzeugt

durch die verschiedene Entfernung des Himmelskörpers von der Sonne innerhalb eines Umlaufes um dieselbe, da die fluthende Masse durch ihre grosse Dichte auf dem ganzen Planeten in labilem Gleichgewichte ist.[17]) Daraus würde folgen, dass die Erstarrungsepoche der Mondoberfläche wenigstens um 10,000 Jahre von jener der Erdoberfläche entfernt sein müsse.

9. Die Abkühlungsthätigkeit selbst ist mit Gasentwickelungen verbunden, die sich in den späteren Perioden durch Eruptionen verrathen. Daher die Ringgebirge und Krater des Mondes und der Erde. Diese Gase waren ursprünglich höchst wahrscheinlich glühender Wasserstoff. Dafür sprechen: die grosse Reflexionsfähigkeit aller jener Flächen auf dem Monde, welche der Einwirkung des Inneren vorzugsweise ausgesetzt waren, die Strahlensysteme daselbst und die eruptiven Protuberanzen der Sonne.

10. Durch die Abkühlung der äusseren Rinde entstehen — wegen der ungleichen Zusammenziehung der beiden Bodenarten — Spalten an den Grenzen der letzteren und zwar vonehmlich dort, wo diese Grenzen am schärfsten hervortreten, d. h. wo der Uebergang am schroffsten ist; und in minderem Grade dort, wo der Hartboden allmählich in das Weichland verlauft. Durch den Druck der Rinde hoben sich langsam aus diesen Spalten halberstarrte Massen, deren Ausdehnung zunahm, (vergl. Anmerkung 19) in dem Maasse, als neuer Andrang nachfolgte. Während also Massen, die von jeher an der Oberfläche lagen, sich durch Abkühlung zusammenziehen, dehnen sich solche, die aus der Tiefe gehoben wurden, aus. So entstanden mäch-

tige Gebirgsketten längs der Ränder der Mareflächen auf der Erde und auf dem Monde. In der letzten Erstarrungsperiode bei grosser Trockenheit der Kruste werden solche Spalten offen bleiben; daher die Rillen des Mondes gleichfalls an den Rändern der Mareflächen und mit ihnen parallel.

11. Weil in der Periode der partiellen Erstarrung die Fluth eine theilweise Zurückdrängung der heissen Massen nach Westen und somit eine neue Ueberlagerung und Einschmelzung des zuerst erstarrten Hartbodens an seinem östlichen Rande bewirkte, so muss in diesen Regionen (Osten des Marebodens, Westen der Continente) der Uebergang am schroffsten hervortreten und daher die Spaltbildung besonders begünstigen. Bei dem bereits erstarrten Hartboden konnte die Fluth keine Zurückdrängung seiner Massen nach Westen bewirken. In diesen Regionen (Westen des Marebodens, Osten der Continente) wird daher der ursprüngliche allmähliche Uebergang des festen Bodens in den weichen ungestört aufrecht erhalten und vor grösserer Spaltbildung bewahrt bleiben. Daraus erklärt sich der geographische und geologische Gegensatz in den West- und Ostküsten der Continente auf der Erde und (was den ersteren betrifft, auch) auf dem Monde.

12. Diese halberstarrte Ausfüllung der Spalten bot für eine lange Periode den Gaseruptionen den geringsten Widerstand; daraus erklären sich die Reihenvulkane am Rande der Mareflächen auf dem Monde und auf der Erde.

13. In späteren Perioden, als sich bereits die den Erdball einhüllenden Dämpfe auf die Oberfläche nieder-

schlagen konnten, wurde die ganze Erde von einer mächtigen Wassermasse umgeben, die ihrerseits wieder kräftig zersetzend auf die älteste Rinde sowohl als auch auf die noch immer zahlreich erumpirenden Massen einwirkte.

14. Die aus diesem, noch für kein organisches Wesen bewohnbaren Wasser sich niederschlagenden Sedimente mussten, da die Löslichkeit der einzelnen Krustenregionen schon sehr verschieden war (7), innerhalb gewisser Grenzen verschiedene Perioden repräsentiren.

15. Diese Sedimente wurden jedoch, bei der geringen Dicke und Stabilität der Kruste, oft wieder von fluthenden heissen Massen überlagert und durch den Druck und die Temperatur derselben umgewandelt. Die bald wieder abkühlenden Ueberlagerungen hatten nun ihrerseits gleichfalls die zersetzende Wirkung des Wassers zu erfahren und es ward hiemit ein Cyklus von sich wiederhohlenden Processen eingeleitet, der erst mit dem Bewohnbarwerden des Wassers in ein neues Stadium trat.

16. Die ursprünglich beträchtliche und die ganze Oberfläche bedeckende Wassermasse war in steter Verminderung begriffen durch die Verbindungen, welche das Wasser mit der abgekühlten Masse einging. Dadurch sowohl, als durch theilweise langsame Hebungen der Weichlande wurden diese letzteren allmählich blossgelegt. Das Wasser sammelte sich auf ihnen in zahlreichen seichten Becken (Ebenen) von grösserer oder geringerer Ausdehnung. Wegen der damaligen Unbeständigkeit des Bodens wurden jedoch die relativen Niveauverhältnisse der einzelnen Becken untereinander

häufig verändert. Die Senkung der Kruste zufolge der Abkühlung ging nicht in allen Theilen gleichmässig, sondern nur partienweise von Statten und deshalb wurde jede Partial-Region in manigfaltigen Wiederholungen abwechselnd vom Wasser überflutet und blossgelegt, je nachdem sie selbst oder ein Nachbargebiet sank. Daraus erklärt sich das locale Auftreten sedimentärer Schichten in verschiedenen Perioden. Diese Vorgänge ereigneten sich aber nur auf dem Boden der jetzigen Continente. Der Meeresboden (Hartboden) blieb wegen seines constant tiefsten Niveaus stets vollständig vom Wasser bedeckt. Die Wasserverminderung aber dauert ununterbrochen fort, bis auch der letzte Wasserrest, mitten im Senkungsgebiete des stillen Oceans, gänzlich verschwindet.

17. In der Zeit, welche man die Tertiäre nennt, begann sich die lauwarme, dampfgeschwängerte Atmosphäre zu reinigen. Dieser Process, auf welchen grosse Ausstrahlung und daher häufiger Niederschlag folgte, brachte das nackte Geschlecht der vortertiären und tertiären Säugethiere allmälig zum Untergange oder zur Anpassung an das neue Klima. Die Erdkruste kühlte rascher ab, zog sich stärker zusammen und es trat dem entsprechend eine Verstärkung des Abkühlungsprocesses, d. h. des Vulcanismus ein, dem die grossen Trachyt- und Basalteruptionen der Tertiärzeit entsprangen.

18. Die zunehmende Ausstrahlung und Verdunstung der Wässer brachte Frost und Vereisung des Bodens. Die Säugethiere erhielten Pelze (Eiszeit).

19. Durch die fortschreitende Abkühlung im Ganzen ändert sich das Volum und somit auch die

Dichte der Erde. Die Folgen davon beziehen sich
a) auf die Rotationsgeschwindigkeit der Erde;
b) auf die Polhöhe einzelner Orte,
und zwar derart, dass durch die vermehrte Winkelgeschwindigkeit sowohl, als auch durch den Mehrbetrag der Zunahme der Dichte äusserer Schichten im Vergleich mit den inneren die Applattung vergrössert, dadurch

α) bei äusserer Unbeweglichkeit der Massen, die nördlichen Zenithdistanzen, demnach auch die Polhöhen kleiner werden,

β) bei einer Beweglichkeit der äusseren Schichten eine Fortschiebung dieser gegen den Aequator bewirkt wird.

Erstere Wirkung würde ihr Maximum in den Polar-, letztere in den Aequatorial-Regionen zeigen. Beides ist nicht zu verwechseln. [18])

20. Mit der zunehmenden Dicke der Kruste nehmen die Veränderungen der Erdoberfläche durch Einwirkung des Inneren allmälich ab. Die Gas- und Dampfbildung geht aus grösserer Tiefe und kleineren Oeffnungen in Eruption über und es wird diese Communication mit der Atmosphäre nur mehr dort möglich, wo eine mit dem Inneren in Verbindung stehende Spalte oder ein solches Becken nahe an der Oberfläche liegt. Daraus erklärt sich die Grössenabnahme der Krater nach ihrem relativen Alter auf der Erde und auf dem Monde.

21. An die Stelle der inneren Masse tritt nun das Wasser als Agens der äusseren Veränderungen auf. Doch sind seine Wirkungen von sanftem Cha-

rakter und auch die Dauer derselben dürfte mit der Dauer des ursprünglichen Abkühlungsprocesses und der späteren Durchbrechungsperiode der äusseren Rinde schwerlich einen Vergleich aushalten können. Von dem Wasser, das in die Tiefen dringt, kommt stets nur ein Theil wieder an die Oberfläche und bringt Bestandtheile der unteren löslichen Schichten in aufgelöstem Zustande herauf. Diese Thätigkeit läuft daher auf eine theilweise Untergrabung der obersten Schichten hinaus, woraus für die ganze Erdoberfläche eine langsame, allmäliche Senkung der Kruste, für einzelne Regionen kleine, partielle Einstürze äusserer oder innerer Schichten entstehen. Doch können letztere immer nur sanfte, allmählich abnehmende Schwingungen der überlagernden Schichten, aber niemals jene Erscheinungen erzeugen, welche dem Phänomene der sogenannten Erdbeben eigenthümlich sind. Katastrophen sind auf diesem Wege nur dann möglich, wenn der Einsturz äusserlich ist. Mögen die Erdbeben was immer für eine Ursache haben: die dadurch entstehende mechanische Erschütterung wird, wo Hohlräume sind, Senkungen immer mit sich bringen. Würden diese aber Folge und Ursache zugleich sein, so müssten sie wohl viel häufiger zu Tage treten.

22. Gegenwärtig dürfte die Dicke der Erdkruste eine nicht unbedeutende Grösse erreicht haben. Bei der Existenz vieler Hohlräume und Spaltensysteme und bei dem hohen Druck an der Oberfläche der flüssigen Masse — welcher Druck ja desto stärker wird, je tiefer diese Oberfläche liegt, — ist eine fortdauernde Communication der flüssigen Masse mit der Erdoberfläche dessenungeachtet leicht denkbar.

23. Die Hebung dieser Masse in die Spalten und ihre Ablagerung in höheren Becken wird eingeleitet theils durch den Druck der äusseren Kruste, theils durch die inneren, kosmischen Fluten. Die gehobene und in einem Becken noch unter der Oberfläche abgelagerte heisse Masse beginnt in Folge des nun bedeutend herabgesunkenen Druckes[19]) und der niedrigeren Temperatur der Umgebung einen raschen Abkühlungsprocess, welcher mit Gas- und Dampfbildung, daher mit Explosionen und Eruptionen verbunden sein muss. (Prof. v. Hochstetters Experiment.) Aus diesem Processe erklären sich die Vulkane der Gegenwart und (nach 11 und 12) auch ihre Vertheilung längs der Küste des Meeres. Hiebei wird vorausgesetzt, dass die obersten Schichten der flüssigen Masse Wasser chemisch gebunden enthalten, und das Vorhandensein von Wasser in den Spalten und Becken nicht als wesentlich nothwendig angenommen. Wo es sich findet, da werden diese Processe allerdings heftiger auftreten. Allein darin liegt nicht das Wesen des Vulcanismus. Bei der Erklärung der vulkanischen Thätigkeit hat man zu unterscheiden zwischen der Kraft, welche die Lava hebt und der Kraft, welche die darüber gelagerten Stoffe (Gesteine, erhärterte Lava, Asche, Wasser) auswirft. Das Wesentliche bleibt die Hebung der Lava, die, wenigstens aus dem Hauptkrater, nicht geschleudert wird, sondern einfach über den Rand desselben abfliesst. Was durch das Zusammentreffen der gehobenen Lava mit Wasser erzeugt wird, sind, wissenschaftlich gesprochen, secundäre Erscheinungen.

24. Diese Verbindung eines Beckens mit dem Inneren kann durch Massenverschiebung (Verstopfung)

auf längere Perioden theilweise oder gänzlich unterbrochen werden. Dann wird der Vulkan über dem Becken oder der Spalte eine Periode der Ruhe zeigen. Gelingt es dem Drucke der inneren Massen, welcher zur Zeit gewisser Hochfluten bedeutend zunimmt, die Verstopfung zu beseitigen, so wird neuerdings heissflüssige Masse eindringen und den (in 23) erwähnten Process durchmachen. Dieser wird namentlich im Beginn desto heftiger auftreten, je grösser die Massen waren, welche der innere Druck zu überwinden hatte. Beispiele davon liefert die alte Geschichte des Vesuv und die mit den Hochfluten zunehmende Thätigkeit der Vulkane überhaupt.

25. In solchen Spalten oder Becken, die nicht durch Vulkane mit der Atmosphäre communiciren, sondern von dieser bereits gänzlich abgeschlossen sind, oder niemals so hoch hinaufreichten, dass ein Durchbruch möglich war, wird der Abkühlungsprocess der eingedrungenen Masse nur mittelbar durch mehr oder minder heftige Erschütterungen der überlagernden Kruste, durch sogenannte Erdbeben, wahrgenommen werden.

26. Hiebei sind zwei Fälle möglich: entweder kann bei plötzlicher Oeffnung einer verstopften Spaltenmündung (durch den Durchbruch der eruptiven Masse) unmittelbar eine Erschütterung herbeigeführt werden (primäre Beben). Der Charakter dieser Erschütterung wird besonders heftig und mit mannigfaltigen Dislocationen verbunden sein. Solche Beben sind nur bei geringer Tiefe des Heerdes häufiger und es erklären sich daraus die heftigsten und verderblichsten Erschütterungen in der heissen Zone. Oder es werden durch den Abkühlungsprocess der im Becken abge-

lagerten Masse Explosionen hervorgerufen, deren Wirkung gleichfalls auf eine Erschütterung des überlagernden Bodens hinausläuft (secundäre Beben).

27. Ein einzelner Stoss ist als primäre Action, jedoch in grosser Tiefe, aufzufassen. Die secundären Erschütterungen, die ihm folgen, erreichen in diesem Falle die Oberfläche nicht mehr. Man bezeichnet einen solchen Stoss, seiner Wirkung nach, häufig als local. Den Sinn dieser Bezeichnung ohneweiters auch auf die Ursache auszudehnen, widerspricht der empirischen Forschungsmethode. Diese Art der Erschütterung tritt vorzüglich in den nördlichen Zonen auf, wo die inneren Fluthungen viel geringer, und demnach die Spalten und Becken, bis zu welchen die flüssige Masse noch einzudringen vermag, von der Erdoberfläche viel weiter entfernt sind.

28. Die beim unterirdischen Eruptionsprocess entstehenden Dampfwolken erregen, analog den Wolken über einem Vulkane, elektrische Processe, welche sich während heftiger Erdbeben sogar durch Lichterscheinungen in der Atmosphäre bemerkbar machen können.

29. Nicht zu verwechseln mit diesen Erscheinungen ist das Auftreten grosser, weithin sichtbarer Polarlichter, gleichfalls zu den Zeiten grosser Flutepochen und daher oft gleichzeitig mit heftigen Erdbeben. Hier kommen nicht locale electrische Processe ins Spiel, sondern der Erdmagnetismus, welcher durch den Druck der inneren Fluthen eine Störung zu erleiden scheint. Darauf beziehe ich auch die telegraphischen Störungen während grosser Erdbeben und die magnetischen Störungen zur Zeit totaler Sonnenfinsternisse.[20])

30. So lässt sich der Einfluss von Sonne und Mond auf die Erdbeben und vulkanischen Ausbrüche noch bei grosser Dicke der Erdkruste aufrecht erhalten und es wird durch die vorstehenden Entwicklungen eine vollständige Harmonie zwischen der Theorie und den Beobachtungen hergestellt. Die Theorie des Einflusses jener Gestirne ergibt als die Zeit, wo die innere Fluth am stärksten ist, jene Tage, in welchen die auf Seite 94 erwähnten Factoren vollständig zusammentreffen.

31. Den verschiedenen Combinationen dieser sechs Factoren entsprechend, muss die innere Fluth, d. h. der Druck, welchen die Masse auf die äussere Kruste ausübt, eine verschiedene Stärke erreichen. Die vorzüglichsten Perioden der verschiedenen Maxima sind, wenn wir vorläufig von den vieljährigen absehen:

A = 4 Jahre (Vgl. Anm. 14).
B = 162 Tage
C = 29 „
D = 15 „
E = 25 Stunden
F = 12 „

32. Diesen theoretischen Fluthperioden analog zeigen sich in der That auch die Reactionen des Erdinneren gegen die Oberfläche periodisch. Allerdings wird, wenn es sich nur um einen einzelnen Punkt der Oberfläche handelt, manche Epoche ausfallen, weil ja die communicirenden Canäle nicht immer offen stehen. Namentlich wird die Periode F hier, wo es sich nicht um directe, sondern nur um mittelbare Wirkungen der Fluth handelt, kaum mehr in Betracht kommen können. Allein, sobald die Hauptperioden und

die Gesammtthätigkeit der Kruste — wenn auch nur soweit sie unseren Forschungen zugänglich ist — in Untersuchung gezogen werden, dann tritt die entsprechende Periodicität unverkennbar heraus.

33. Bei der Erforschung dieses periodischen Parallelismus dürfen jedoch anerkannte Naturgesetze nicht ausser Acht gelassen werden. Durch die Trägheit der Materie und nach dem Principe der Verspätung der Maxima wird die höchste Wirkung nicht gleichzeitig mit dem theoretischen Maximum der Ursache erreicht, sondern es tritt eine Verspätung ein. So kann die Thätigkeit des Vulcanismus erst bei dem nächsten vierzehntägigen oder monatlichen Maximum eintreten. Dies wird auch dann der Fall sein, wenn die eigentliche Hochfluth den Schlot noch nicht vollständig zu öffnen vermochte und erst die nachkommende schwächere die begonnene Arbeit vollendet. Der Tag der Reaction wird demnach im allgemeinen stets auf einen Neu- oder Vollmond fallen. Im Besonderen jedoch tritt auch hier den genannten Gesetzen zu Folge eine Verspätung von einem oder mehreren Tagen ein. Je stärker die Flut ist, desto geringer ist diese Verspätung; ja sie muss sogar bei ausserordentlich starken Fluten in eine Verfrühung übergehen. Denn in solchen Fällen wird der zum Einbruch der heissen Massen in die Canäle erforderliche Druck schon früher erreicht, und zur Zeit des theoretischen Maximums bedeutend überschritten. Die Erschütterungen beginnen mit dem Einbruch der heissen Massen, also vor dem theoretischen Maximum. Sie können nun mehrere Tage und Wochen mit abwechselnder Intensität fortdauern oder auch rasch

unterbrochen werden. In solchen Fällen werden sich die stärksten Beben einige Tage vor dem Neu- oder Vollmonde zeigen, worauf am Tage des Syzigiums oder an den darauf folgenden eine Verminderung eintritt.

34. Es gibt demnach auch eine Theorie der Verfrühungen und Verspätungen, welche an der Hand zahlreicher Thatsachen studirt werden muss. Wir haben gegenwärtig nur im Allgemeinen einige Anhaltspunkte gewonnen, die sich auf das Verhältniss des theoretischen Fluthwerthes zur Differenz zwischen der berechneten und der beobachteten Zeit des Eintrittes grosser Erdbeben und Eruptionen beziehen. Viel hängt dabei von dem Zustande des vulkanischen Schlotes ab. Zur scharfen Erfassung dessen, um was es sich hier handelt, ist es nothwendig, die Arten dieser sismischen Fluthgleichung, wie wir jene Differenz bezeichnen können, festzuhalten. Es gibt deren so viele, als es Arten von Fluthperioden gibt, demnach

In der Periode	Fluthgleichung
A	$a = \pm B$ oder 2 B
B	$b = \pm C$ „ 2 C
C	$c = \pm D$ „ 2 D
D	$d = \pm E$ „ 2 E
E	$e = \pm F$ „ 2 F
F	$f = \pm 1$ „ 2 Stunden.

Hierauf ist bei der Prüfung der Theorie durch die Beobachtung wohl zu achten! Wird angenommen, dass die Gesammtzahl der Erdbeben an irgend einem Tage desto grösser ist, je grösser der berechnete Fluthwerth, so liegen zwei Erdbeben-Maxima aus der Periode A um

$$x = A \pm a \pm b \pm c \pm d \pm e \text{ Tage}$$

auseinander. Wegen der vierdeutigen Werthe jedes kleinen, die sismische Gleichung ausdrückenden Buchstaben wird x vieldeutig und man sieht, wie sehr die grösseren Perioden in den Beobachtungen schwanken können. Deshalb ist ein aus solchen Beobachtungs-Abweichungen geschöpfter Einwurf gegen die Periodicität der Erdbeben nicht zulässig. In besonderen Fällen gestatten indess die oben erwähnten Anhaltspunkte einen Schluss für die Zukunft Ein solcher Grundsatz z. B. lautet: „Die Fluthgleichung höherer Ordnung verhält sich wie die der niedrigeren, jedoch oft mit verkehrtem Zeichen.“ Wenn z. B. ein starkes Erdbeben um zwei Monate früher eintritt, als die höchste Fluthziffer des Jahres, so wird meistentheils das Datum desselben von jenem des Syzigiums um mehrere Tage abweichen, und zwar im Sinne einer Verspätung. Die klare theoretische Erfassung dieser Verhältnisse veranlasste mich im Jahre 1869 nicht den 5. October (den Tag des theoretischen Maximums), sondern den 1. October als den Tag des Erdbebenausbruches zu bezeichnen, welcher Calcul durch das Wirken der Natur an eben diesem Tage vollständig bestätiget wurde. [21])

Anmerkungen.

[1]) Zu Seite 9. Prof. Kortum, aus dessen Hand der gerade wegen seiner mathematischen Selbstkritik äusserst werthvolle Abschnitt „Ueber die Tiefe des Erschütterungs-Mittelpunktes und die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit des Erdbebens“ in dem Werke von A. v. Lasaulx: „Das Erdbeben von Herzogenrath am 22. October 1873“ stammt, bemerkt gleich Eingangs seiner Abhandlung: „Als vollständig abgeschlossen will ich diese Untersuchung nicht bezeichnen, denn wenn es auch wenig wahrscheinlich ist, dass die erlangten und hinsichtlich der Tiefe ziemlich unbefriedigenden Resultate einer wesentlichen Verbesserung fähig sind, so kann ich diess, wie sich aus dem Folgenden ergeben wird, doch nicht mit apodictischer Bestimmtheit behaupten“. Und am Schlusse: „Man kann demnach schon mehr als 3 gegen 1 wetten, dass die Tiefe nicht grösser sei, als 3 Meilen; mehr als 10 gegen 1, dass sie den Werth 4 (Meilen), mehr als 50 gegen 1, dass sie den Werth 5, etwa 250 gegen 1, dass sie den Werth 6, und beinahe 1000 gegen 1, dass sie den Werth 7 übersteige. Indessen ist hiebei wohl zu beachten, dass ein, wenn auch verhältnissmässig kleiner Fehler des Oberflächen-Mittelpunktes auf die Tiefe grossen Einfluss haben würde, und dass man gar keinen Anhaltspunkt zur Beurtheilung der Sicherheit besitzt, welche die Bestimmung jenes Punktes hat. Ich will also den Leser ausdrücklich gewarnt haben, auf die die Tiefe betreffenden Resultate nicht zu viel Gewicht zu legen. Für die relative Wahrscheinlichkeit der beiden Annahmen, einmal, dass der Anstoss zum Erdbeben in der gefundenen wahrscheinlichsten Tiefe zu suchen sei, das anderemal, dass er so gut wie an der

Oberfläche sich befunden habe, ergibt sich das Verhältniss 1:0,97, woraus hervorgeht, wie wenig die eine Annahme vor der andern voraus hat. Ich habe noch versucht, ob man aus den benutzten sechs Zeitangaben für die Tiefe einen Maximalwerth finden könne, welchen sie jedenfalls nicht überschritten hat. Um zu einem solchen Werthe zu gelangen, habe ich unter Annahme von 10 Meilen für h (die Tiefe) die wahrscheinlichsten Werthe von g (die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit) und T (den Moment des Anfanges) berechnet und zugesehen, welche Fehler bei der Darstellung jener sechs Angaben durch diese Werthe übrig bleiben. Würde ich hiebei Fehler gefunden haben, welche eine Minute übersteigen, so würde ich den betreffenden Werth als ein Maximum anzunehmen mich für berechtigt gehalten haben, da wohl keine der benutzten Angaben um eine ganze Minute fehlerhaft ist. Nun beträgt aber bei einer Tiefe von 10 Meilen der grösste Fehler nur 0,51 und steigt bei Wiederholung der Rechnung unter Annahme von sogar 20 Meilen für h auf nur 0,60 Minuten. Dieser Versuch ist also gescheitert; ich habe ihn nur erwähnt, um vielleicht einem Andern vergebliche Mühe zu sparen. — Hienach habe ich es aufgegeben, über die Tiefe etwas Genaueres herauszubringen, und mich darauf beschränkt, unter der Annahme $h = 0$ den zuverlässlichsten Werth für die mittlere Fortpflanzungs-Geschwindigkeit des Erdbebens an der Erdoberfläche zu suchen". Wenn dessenungeachtet nun A. v. Lasaulx den folgenden Abschnitt mit dem Satze schliesst: „Keinesfalls liegt der Ausgangspunkt der Erschütterung auch nur annähernd in der Grenzzone zwischen fester Erdrinde und flüssigem Kerne, sondern in einer weit geringeren Tiefe, im Gebiete der älteren sedimentären Formationen", so kommt es eben erst noch darauf an, in welcher Tiefe jene Grenzzone zu suchen ist, um die limitirten Resultate Kortums, bei der günstigsten Deutung der oben citirten Verwahrung, zu einem solchen Ausspruche verwerthen zu können. Diess meine ich in ganz objectivem Sinne bemerken zu müssen. Denn die von mir bereits 1869 in den „Grundzügen" (2. Absatz, Cap. IV. p. 352) angedeutete Auffassung der Art und Weise, wie die Fluth wirke, und welche ich, nach eingehenden Studien über einzelne Erdbeben,

bereits 1872 als meine definitive Ueberzeugung in den „Wiener Geographischen Mittheilungen", 28. März, veröffentlichen konnte, nämlich die Auffassung der Erdbeben als unterirdischer Vulkan-Ausbrüche, verlegt den Ausgangspunkt der Erschütterung (die Eruptionsstelle) gleichfalls in sedimentäre Formationen und zwar consequenter Weise in jene Formation, bis zu welcher sich die abnehmende Eruptions-Thätigkeit zurückgezogen hat. Ob das flüssige Innere dabei noch eine Rolle spielen dürfte oder nicht, ist am Ende des III. Abschnittes erörtert. Keineswegs aber darf dieses nach meiner Theorie als „Ausgangspunkt" der Erschütterung betrachtet werden. — Diese geringe Tiefe des Ausgangspunktes macht jeden praktischen Erfolg der Berechnungsmethoden von v. Seebach und Kortum illusorisch, wegen der geringen Krümmung der Hyperbel, die nicht bloss bei einzelnen, sondern bei jedem Erdbeben sich zeigen muss, und wegen der Unbrauchbarkeit der Zeiten, namentlich von solchen Orten, die etwas weiter als um den Betrag der Tiefe vom Oberflächenmittelpunkte entfernt liegen.

[2]) Zu Seite 22. Ueber die Rolle, welche das Wasser bei der vulkanischen Thätigkeit spielt, herrschen noch immer verschiedene Ansichten. Dass bei einer Eruption Wasserdämpfe und heisses Wasser zum Vorschein kommen, beweist noch immer nicht die unumgängliche Nothwendigkeit dieses Stoffes für die Entstehung einer Eruption, also auch nicht für die Entstehung eines Vulkanes. Da Wasser sich überall im Innern findet, am häufigsten natürlich in grossen Höhlen und vulkanischen Hohlräumen, so muss sich unter den Auswurfs-Producten auch Wasser finden, selbst wenn es zur Eruption auch gar nichts beigetragen hätte. Viel bedenklicher ist die Meeresnähe aller Vulkane. Diejenigen, welche das Wasser zur Entstehung eines Vulkanes und einer Eruption für unumgänglich erachten, theilen sich nun in zwei Gruppen, von welchen die erste zugleich auch die Existenz eines heissflüssigen Erdkernes läugnet, und in der vulkanischen Thätigkeit nur einen localen chemischen Process erkennt, ohne eine scharfe und klare Auseinandersetzung dieses Processes von seinem Ursprunge an geben zu können. Man hilft sich gewöhnlich mit allgemeinen lückenhaften Andeutungen,

denen bei schärferer Analyse jede Empirie fehlt. Es sind meist Chemiker, welche der Berücksichtigung grosser kosmischer Processe und aller Umstände, welche ausser den chemischen Erscheinungen noch auftreten, durch ihre abgerissenen Beobachtungen im Laboratorium enthoben zu sein glauben. Die zweite Gruppe hält an der Annahme eines heissflüssigen Erdkernes fest, der an sich aber, bis auf die Wärme-Emission, wirkungslos gedacht wird. Tritt nun Wasser mit dem Erdkerne durch Spalten in Berührung, so entsteht eine Eruption. Ueber das „Wie" finden sich selten detaillirte Auseinandersetzungen. Und gerade auf diese kömmt es in jeder sorgfältig überdachten Theorie an. Es müssten folgende Fragen beantwortet werden.

1. Tritt die Berührung in der Tiefe ein, wo der heissflüssige Kern überhaupt beginnt, oder höher?

2. Im ersteren Falle: Wie gelangt das Wasser in so bedeutende Tiefe? Fliesst es aus dem Meere durch einen Abzugscanal in die Spalte? Warum stets an demselben Punkte? Woher die Jahrhundert lange Unterbrechung, da doch — bei grosser Meeresnähe (Vesuv, Aetna) eine so complete Verstopfung eines so kurzen Canals nicht denkbar ist? Wodurch wird die Eruption schon nach wenigen Tagen beendet?

3. Im letzteren Falle: Was hebt die Lava über ihr ursprüngliches Niveau?

Alle diese Fragen beantworten sich mit weniger Zwang, wenn man, statt das Wasser zur Lava hinab-, diese zum Wasser hinaufkommen lässt. Wenn die Beobachtungen und Annahmen von Julius Schmidt über den Krater Linné im Monde sich bewahrheiten (wir haben keinen Grund, das Gegentheil anzunehmen) so wäre thatsächlich der Beweis geliefert, dass auf einem Himmelskörper flüssige Masse ohne Beihilfe des Wassers aus dem Innern bis an die Oberfläche dringt. Uebrigens lässt sich ja leicht beurtheilen, dass die Eruptionen auf der Sonne, lange bevor noch eine Wasserbildung daselbst möglich ist, ihren Fortgang ebenso nehmen werden, wie wir sie heute täglich beobachten können, und dass dann nur eine dünne Kruste zu entstehen braucht, um diesen Eruptionen den Charakter irdischer Vulkan-Ausbrüche zu verleihen, wenigstens in der Form, wie sie in den azoischen Epochen der Erde vor-

gekommen sind, und — nach unserer Auffassung — unterirdisch fast überall heute noch vorkommen. Die Beihilfe des Wassers würde sich dann lediglich nur auf eine Verstärkung desselben Processes reduziren, so dass derselbe bis an die Oberfläche herauf wirksam wird Damit wäre die Meeresnähe der Vulkane vollkommen erklärt, ohne die abenteuerliche Stromfahrt vom Meere bis zum heissflüssigen Erdkerne.

3) Zu Seite 27. Alex. Bittner sagt in seiner, der k. Akademie überreichten Abhandlung: „Beiträge zur Kenntniss des Erdbebens von Belluno vom 29. Juni 1873" bezüglich der Stossrichtung (Seite 90): „Es ist oben versucht worden, durch eine Reihe von Beobachtungen der Risse an beschädigten Gebäuden die Richtung der Stösse zu bestimmen, nach dem Grundsatze, dass parallel zur Stossrichtung gelegene Mauern senkrecht auf diese Richtung stehende Spalten zeigen, während Einstürze in der Regel da zu finden sein werden, wo die Lage der Mauern eine die Stossrichtung unter einem rechten Winkel schneidende war. Dass diese Beobachtungsweise ihre grossen Uebelstände hat, namentlich da, wo die Anzahl der zu Gebote stehenden Objecte eine geringe und ihre Orientirung eine sehr verschiedene ist, ist ebenfalls bereits hervorgehoben worden. Nichts desto weniger scheinen mir an manchen Orten die Resultate genügend bestimmt zu sein, um eine Folgerung auf die Stossrichtung wirklich zuzulassen. Dies gilt vor allem für Belluno, Pieve d'Alpago, Torres, Farra, Cima Nove, Sarmede und Fregona. Für alle diese Orte kann man im Mittel die Stossrichtung NW- SO resp. umgekehrt annehmen; eine Ausnahme macht nur Belluno, wo, sowie in Visome die Stossrichtung NO—SW constatirt wurde. Ich kann hier eine Bemerkung nicht unterdrücken. Es ist mir nämlich unverständlich geblieben, inwieferne Herr Falb, der doch genau dieselbe Vertheilung der Zerstörungen in Belluno constatirt, wie dies meinerseits geschehen ist, eben daraus die Stossrichtung von SO oder O ableiten konnte." Zur Erklärung dieser vermeintlichen Ausnahmsrichtung in Belluno nimmt Bittner an, dass Belluno ein zweites (selbstständiges) Erschütterungscentrum gewesen sei. Ich bemerke darüber zunächst, dass ich bei meiner Ankunft in Belluno gleichfalls die Ansicht traf, es sei

der Stoss von NO erfolgt, dann aber, als ich am Morgen im Gasthausgarten („alle due Torri"), an einer von N 60 O nach N 120 W also nahezu von ONO—WSW laufenden Mauer, die den Weg zur Aussicht einfasst, eine bedeutende Bresche wahrnahm, wovon der Schutt den Weg versperrend, gegen NNW lag, auf eine von SSO—NNW gehende Richtung des Hauptstosses in Belluno schloss. Ferners habe ich neben dem oben erwähnten vollkommen richtigen Principe bezüglich der Beurtheilung der Stossrichtung aus der Richtung der Spalten noch ein eigenes, welches sich auf die Wellenform der Bewegung, also auf den raschen Wechsel von Berg und Thal bezieht, dem zufolge die verschiedenen Theile der Mauern und Gebäude in einem bestimmten Momente verschiedene Phasen der Welle mitmachen, eine Hälfte z B. sich im Thale, die andere am Gipfel befindet, und so die ganze starre Wand eine Welle zu bilden gezwungen wird, was offenbar ihren Zusammenhang am meisten gefährdet. Diese Gefahr wird desto grösser sein, je mehr Berge und Thäler die Wand gleichzeitig in sich fasst Nun fasst eine Mauer offenbar am meisten Wellen gleichzeitig, wenn letztere in der Längenrichtung der Mauer verlaufen und es entstehen dann Sprünge und Risse, während eine in der Breitenrichtung sich fortpflanzende Welle in einzelnen Fällen wohl eine Bresche zu erzeugen im Stande ist, im Allgemeinen jedoch weniger Zerstörung anrichten wird, weil alle Theile der Mauer (falls sie nicht zu dick ist) gleichzeitig Berg oder gleichzeitig Thal haben werden, also eine wellenförmige Biegung der ganzen Mauer nicht erfolgt. Consequenterweise werden Gebäude und ganze Häuserreihen, deren Länge sich nach der Fortpflanzungsrichtung der Welle erstreckt, mehr leiden, also solche, die darauf senkrecht orientirt sind. Im ersten Falle wird die ganze Häuserreihe sich wellenförmig biegen, im zweiten bei jeder Hebung und Senkung in gerader Linie verbleiben, oder, wenn die Wellenlänge nicht gross genug ist, eine geringere Anzahl Krümmungen durchzumachen haben. Da sich nun die bedeutendsten Verheerungen in den Längentracten und Strassen, welche von SO–NW laufen, zeigten, so schloss ich auch daraus, dass die Stosswelle in Belluno ungefähr diese Richtung hatte.

Sonach wird nun Herrn Bittner meine Behauptung verständlich sein. Uebrigens sagt er ja selbst ausdrücklich (Seite 91): „auch die Beobachtungen, die in Belluno zur Zeit der Erdbebenstösse selbst gemacht wurden, *) stimmen fast alle darin überein, dass die Bewegung aus NO gekommen sei, nur wenige Angaben finden sich über eine O und eine NNW Richtung, deren Möglichkeit verschiedener sich durchkreuzender Stösse auch gar nicht in Abrede gestellt werden soll." Und Seite 41: „Indess darf nicht übersehen werden, dass auch andere Richtungen nicht ohne weiters abzuweisen sind, indem theilweise solche wirklich von Beobachtern im Momente der Erschütterung wahrgenommen worden zu sein scheinen, andererseits aber auch einzelne Beschädigungen in der Stadt durchaus nicht mit einem von NO wirkenden Stosse in Einklang zu bringen sind. Ich erinnere hier nur an die sehr regelmässigen Spalten des mit 15 bezeichneten Objectes, die wohl am ehesten einem Stosse von Süd entsprechen würden."

Dass in Belluno eine Bewegung von SSO–NNW beim ersten Stosse in der That vorhanden war, lässt sich durchaus nicht in Abrede stellen. Trotz der absprechenden Aeusserung Bittner's halte ich das Resultat meiner Beobachtungen aufrecht und führe noch folgende Thatsachen an. Gleich nach dem ersten Stosse zeigte sich in Belluno auf der Piazza del Campi-

*) Es gelang mir, eine verlässliche Beobachtung dieser Art aufzutreiben. Eine vierfüssige Bonboniere des H. Advocaten Dr. Antonio Andrich ritzte in ihrer Bewegung den Tisch, auf dem sie stand, in verschiedenen Richtungen. Es zeigten sich vierzehn geradlinige und viele krummlinige Spuren. Bei den ersteren habe ich folgende Abweichungen (von der Mittagslinie von N über O gezählt) gemessen:

43°	83	180
60	90	180
70	100	
74	128	
74	180	
74	180	

also im Mittel N 108 O, was der Richtung OSO entsprechen würde. Doch scheinen verschiedene Stösse diese Spuren hinterlassen und der erste Stoss demnach in Wirklichkeit ein Bündel von verschiedenen Stössen repräsentirt zu haben. F.

tello ein grosser Spalt, welcher, wie der Platz selbst, von OzN—WzS lief; die Senkrechte darauf, also die Richtung des Stosses ist SzO - NzW; ferner sagt die Commission des „Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti", bestehend aus den Professoren Pirona und Taramelli, welche vor mir fünf Tage zur Untersuchung der Thatsachen des Erdbebens verwandten und deren Bericht nach der Veröffentlichung meines Gutachtens (pag. 26) erschien, wörtlich Folgendes: „Aus den gemachten Beobachtungen und den erhaltenen Mittheilungen glauben wir mit Sicherheit schliessen zu müssen, dass die Richtung der Erschütterungswelle von S - N oder besser von SSO—NNW gewesen sei". Nun werden zahlreiche Thatsachen dafür angeführt. Hier müssen wir jedoch auf einen Umstand aufmerksam machen, welcher weder von dieser Commission noch von Bittner in's Auge gefasst wurde. Der Umstand, dass Farra und dessen Umgebung bezüglich der Stossrichtung mit Belluno nicht harmoniren, ist ganz selbstverständlich, sobald man bedenkt, dass die Umgebung von Farra sich schon durch die Knallputsche, welche nirgends so zahlreich und deutlich gehört werden, wie hier, als Erdbebencentrum (Oberflächenmittelpunkt) verräth, wie ich schon p. 35 hervorgehoben habe. In diesem Falle müssen die Richtungen verschieden sein; und in der That weisen diese Richtungen auf einen Ursprung in der Nähe des See's von St. Croce, etwa in einer Linie von Farra über den Berg Faverghera bis zum Berg Col Vicentin in der Nähe des Lago morto. Denn in Farra selbt weist der Spalt durch den Friedhof auf eine SW - Richtung, also auf den See und die Faverghera; die SSO- Richtung in Belluno schneidet dann nahe am Col Vicentin ein. Die Richtung in Cenneda, übereinstimmend mit jener von Belluno, trifft gleichfalls diesen Punkt. Wenn in Belluno noch eine zweite Richtung, wie Bittner behauptet, zu Tage trat, so soll dies nicht in Abrede gestellt werden; ich würde dies vielmehr als einen Beweis für die Richtigkeit der Erörterungen p. 220 ansehen, ebenso, wie den Umstand, dass ich in Lamozan, ONO von Belluno, das Kreuz vom Thurme genau in der SSO - Richtung herabgeschleudert und in Codenzano, OzN von Belluno, die höchste Kuppel des Thurmes nach SW verschoben fand. (Taf.

XIII. Figur 25.) Der Hauptstoss war eben ein Durchbruchsstoss, dessen Tiefe während der zahlreichen Stösse, aus denen er zusammengesetzt war, abnahm, was eine Drehung des Azimutes für die dem Eruptionscanal zunächst gelegenen Ortschaften zur Folge hatte, insofern dieser nicht senkrecht gegen die Oberfläche stand.

[1]) Zu Seite 42. Für Diejenigen, die daran zweifeln, folgende Belege:

a) Brief an mich von Belluno.

Onorevole Signore!

Noi sottoscritti ci facciamo un dovere di segnalarle che nel giorno 27 Luglio p. p. ore 1, 5 minute pom. sentimmo una forte scossa di terremoto sussultorio; ed ogi ore 8, 10 min. antime altra scossa fortissima della durata di 5 secondi circa, vedendo in cio confermate col fatto le di Lei scientifiche previsioni.

Ci onoriamo di segnarci con ogni considerazione.

Belluno, 8 Agosto 1873.

Antonio Volpe.
Dr. Lucio Tibolla.
Dr. Mauro Gresti.
Avvo Antonio Andrich.
Giuseppe Meneghel.
Gaddo Tommaso.
Giacinto Franceschinis.
Angelo Guernieri.
Orlando Angoletta.
Giovanni di Lago.

b) Telegramm an mich von Longarone:

Vienna Longarone 8 Agosto.

Vostra predizione avverata, oggi ore 8, 10 forte terremoto scossa ondulatoria sudestnordovest.

Ernesto Fagarazzi.

c) Gedicht aus dem in Feltre erscheinenden Journale „Il Tomitano" vom 19. August 1873.

IL TERREMOTO DELL' 8. AGOSTO 1873.

A Rodolfo Falb che lo predisse.

SONNETTO.

O uom che non puoi tu? Fuor dall'argilla
T'alzi ardito a indagar la legge eterna
Della danza degli astri, e la superna
Virtù che piove il sol, di Dio pupilla.
Interroghi l'elettrica scintilla
E l'arcano poter che la governa,
Penetri della terra entro l'interna
Tenebra, a profetar più che Sibilla
Che più? Ti libri fra gli erranti e fissi
Astri e li miri dall'immenso moto
Scuoter la terra, il mare e gl'imi abissi.
Onde Rodolfo, il primo, il vero ignoto
Ne rivela ed esclama: io vi predissi
Il giorno e l'ora d'un fatal tremuoto.

D. G. B. S.

Der Stoss vom 8. August entspricht ebenso dem Maximalwerthe der Hochfluth, wie das genau um eine Fluthperiode früher eingetretene Erdbeben von Valparaiso (8 Juli 1873) und mein ganzes Verdienst liegt darin, dass ich zahlreiche Thatsachen nicht nur mechanisch sammelte, sondern auch mit mehr Logik discutirte, als es vor mir geschah. Dass ich die Berechtigung, auf Grund meiner Theorie Voraussagungen zu machen, in Anspruch nahm, war keine Prätension meinerseits, sondern es hätten sogar meine Gegner, wenn sie logisch kämpfen würden, mich dazu zwingen müssen.

[5]) Zu Seite 43. Herr Bittner bestreitet meine Ansicht. Er sagt:

(Seite 95): „Zum Schlusse will ich noch einige Worte über die mögliche Ursache dieses Erdbebens hinzufügen. Herr Falb hat dasselbe seither für seine Theorie der Fluthbewegungen eines feurigflüssigen Erdkernes in Anspruch genommen (Sirius 1873 Heft 11). Auch die Einsturzhypothese hat bereits ihren anonymen Vertreter gefunden, welcher sogar meint, durch Tiefbohrungen den Sitz der Erschütterung ermitteln zu können.

Indessen liessen sich wohl mehrere Umstände, theils diesem, theils anderen Erdbeben entnommen, anführen, welche theilweise mit der ersteren, theilweise mit der letzteren Erklärungsweise nicht recht zu stimmen scheinen. Auf die geringe Tiefe des Herdes, die bei den bis jetzt berechneten Erdbeben gefunden worden ist (man vergleiche die erste Note) und welche sich nach dem Grössenverhältnisse des Zerstörungs- zum Schüttergebiete, sowie aus der vorherrschenden Richtung der Mauerspalten auch für unsere Erdbeben annehmen liesse, soll dabei kein besonderes Gewicht gelegt werden. Viel wichtiger scheint mir das plötzliche Wiederaufleben der Kraft an vom Centrum oft weit entfernten Punkten, sowie der Umstand, dass an zwei oder mehreren Orten einer Erdbebenspalte zuweilen Erschütterungen aufzutreten pflegen, während die dazwischen liegenden ruhig bleiben. Sodann wäre hier anzureihen das merkwürdige Abhängigkeitsverhältniss, in dem einzelne habituelle Stossgebiete zu einander stehen. Vor allem wichtig aber scheinen mir jene Fälle zu sein, in welchen ein offenbares Verschieben oder Wandern und dann zuweilen ein plötzliches Zurückspringen des Stosscentrums von 1783 stattfindet, wie dies bei dem grossen calabrischen Erdbeben in so ausgezeichneter Weise vorgekommen ist. Diese Umstände aber scheinen mir für die erwähnten beiden Hypothesen in demselben Masse Schwierigkeiten zu bieten, als sie mit einer dritten Erklärungsweise in Einklang stehen, welche zudem noch den grossen Vorzug für sich hat, dass sie bei weitem einfacher ist und weniger Voraussetzungen macht, denn sie bedarf weder der Annahme eines feurigflüssigen Erdkernes mit Ebbe und Fluth, noch jener ausgedehnter unterirdischer Hohlräume, sondern höchstens der von fortdauernden Bewegungen in der festen Erdoberfläche, einer Annahme also, die eigentlich gar keine ist, da an der Thatsächlichkeit solcher Bewegungen gar nicht im mindesten gezweifelt werden kann. Der gewaltige gegenseitige Druck und die Spannung der sich verschiebenden Gebirgsmassen, das Entstehen neuer und die Erweiterung schon bestehender Klüfte und Spalten bilden hinreichende Ursachen, die sowohl einzeln als zusammenwirkend die meisten unserer Erdbeben zu erzeugen im Stande sein mögen. Auch die Fluthhypothese bedarf

ja, wie es scheint, der Spalten. Wenn man aber solcher bedarf, um mittelst anderer entlegenerer Kräfte und Massen Erdbeben zu erklären, welche Kraft erzeugt dann diese Spalten und geht ihre Bildung wirklich so ganz unmerklich vor sich? Dies wird man gewiss nicht behaupten wollen. Es wäre offenbar zu weit gegangen, wollte man ein jedes Erdbeben hierauf zurückführen, aber wenn irgendwo die Verhältnisse, wie sie G. Poulet Scrope in so überzeugender Weise als die bedingenden Ursachen der Erdbeben und Vulkanausbrüche schildert, thatsächlich zusammengewirkt haben mögen, so ist dies an den concaven Seiten der grossen mitteleuropäischen Gebirge der Alpen, der Karpathen und des Apenin der Fall gewesen. Die weitgehendsten Störungen, die furchtbarsten Erdbeben und die gewaltigsten Vulkanausbrüche haben hier in enger Vereinigung stattgefunden und finden noch statt und darum erscheint es mir denn zum mindesten überflüssig, auf fernerliegende Hypothesen zurückzugreifen, um eine einzelne dieser Erscheinungen zu erklären, die sich viel besser im Zusammenhange mit anderen, nicht anzufechtenden Erscheinungen als das begreift, was sie wohl ist, als eine in ihrem Auftreten zwar furchtbare, aber doch nur secundäre Wirkung untergeordneter Art der gebirgbildenden Kräfte selbst."

Die Antworten auf diese Ausführung drängen sich förmlich heran; wir wollen mit dem Schlussatze beginnen.

1. Hier zeigt sich zunächst Herr Bittner in einem gewaltigen formellen Irrthum befangen, wenn er glaubt, dass meine Theorie den engen Zusammenhang zwischen den „weitgehendsten Störungen" und den „furchtbarsten Erdbeben und gewaltigsten Vulkanausbrüchen" nicht berücksichtige und nur eine „einzelne dieser Erscheinungen" erkläre. Gewiss stehen beide Erscheinungsgruppen in unmittelbarem Causalnexus zu einander, aber es ist eine petitio principii, die Ueberflüssigkeit unserer Hypothese daraus zu folgern, dass sie ferner liegt. Es wäre nämlich zunächst zu beweisen, welche von zweien Hypothesen ferner liegt, von welchen die eine die Erscheinung x als Ursache und die Erscheinung y als ihre Wirkung betrachtet, während die andere x als Wirkung und y als Ursache auffasst. Und gerade darum dreht sich ja die ganze

Frage, ob die gewaltigsten Störungen der horizontalen Schichtenlagerung, die Hebungen, Verschiebungen und Einstürze zum Vulcanismus Veranlassung gaben oder nicht vielmehr durch ihn herbeigeführt worden sind. Wer das erstere behauptet, müsste consequenterweise dem Vulcanismus in einer Epoche, wo noch keine Gebirge auf der Erde waren, jede Existenz absprechen, er müsste läugnen, dass die Erdoberfläche einst heissflüssig war, dass ihre Abkühlungsweise irgend welchen Vergleich mit der Abkühlungsart der Sonne gestatte, dass die Mondkrater wieder einen ganz verschiedenen Ursprung gehabt haben, als die ihnen wesentlich vollkommen analogen Vulkane der Erde u. s. w. Alles dies wäre zwar logisch vollkommen gestattet, aber einer solchen Behauptung könnte man mit mehr Recht entgegenhalten, es sei „überflüssig", durch eine ad hoc gemachte Hypothese „eine einzelne dieser Erscheinungen" erklären zu wollen, da sie sich doch „viel besser im Zusammenhange mit anderen nicht anzufechtenden Erscheinungen begreifen lassen." Was uns zeitlich und räumlich ferner liegt, ist es deshalb nicht auch in der Causalitätskette der Erscheinungen. Kühn war es, die Bewegung des Mondes mit dem Falle des Steines gesetzlich in Zusammenhang zu bringen. Nachdem dieses aber gelungen, sind weitere Versuche zu kosmischer Generalisation nichts weniger als überflüssig. Jeder blickt eben so weit er kann.

2. Ferner nehmen wir ja gleichfalls an, dass der heutige Vulcanismus nur die „secundäre Wirkung der gebirgbildenden Kräfte" ist; hier herrscht also vollkommene Uebereinstimmung. Wie sich Bittner aber die Entstehung der Gebirge denkt, wird wohl kaum minder hypothetisch klingen als die plutonische Erklärungsweise ihres Ursprunges.

3. Wer den Zusammenhang beider Erscheinungen für seine Hypothese ausbeuten will, hat eben noch die Annahme eines dritten, vermittelnden Principes nothwendig. Bei unserer Theorie wäre dies einfach die Schwerkraft, welche die vulkanisch unterhöhlte Masse zum Sturze zwingt. Bei der Ansicht von Poulett Scrope, die für Herrn Bittner so überzeugend ist, wäre dies

a) die Spaltbildung, welche Erdbeben

b) die Umsetzung der Bewegung in Wärme, welche Vulkane erzeugt.

Nun liegt aber auf der Hand, was davon näher ist. Während in unserem Falle nichts mehr zu erweisen ist, da der Einsturz vulkanischen Terrains ja vielfältig beobachtet werden kann, und zwar so, dass über Ursache oder Wirkung gar kein Zweifel mehr bleibt, müssen für a) und b) noch zahlreiche Suppositionen gemacht werden. Es muss gezeigt werden

ad a) dass an habituellen Stossgebieten wirklich eine beständige unterirdische Spaltbildung wahrscheinlich ist; dass sie nicht allmälig, sondern plötzlich vor sich geht, dass diese Spaltungen sich beständig wieder vollkommen schliessen, dass Rutschungen an der Erdoberfläche, wo sie beobachtet werden können, gleichfalls Erdbebenerscheinungen und zwar nicht nur einzelne, sondern sämmtliche hervorbringen.

ad b) dass die Bewegung rasch genug vor sich geht, oder dass die bewegte Masse gross genug ist; dass solche Bewegungen sich vorzugsweise auf gewisse Regionen beschränken; dass sie dort sich fort und fort wiederholen können, ohne ein ihrer unterirdischen Wirkung entsprechendes Einsinken der Oberfläche zu veranlassen; dass auch Senkungen an der Oberfläche denselben vulkanischen Effect hervorbringen.

Von diesen Beweisen der Möglichkeit sind die Erklärungen wohl zu unterscheiden, welche, wie jede andere Theorie, diese noch ausserdem bezüglich der p. 17 erwähnten statistischen Verhältnisse zu geben hat. Beides ist weder von Poulett Scrope, noch von irgend einem seiner Anhänger durchgeführt worden. Wenn man aber annimmt, dass Senkungen nicht die heissflüssige Masse erzeugen, sondern nur emporpressen, dann muss man für die Senkung eine enorme Tiefe annehmen oder die heisse Masse sehr nahe an der Oberfläche lagern lassen, was wieder kaum glaublich erscheint; und schliesslich wird man doch wieder zur plutonischen Urwirkung zurückkehren müssen, deren letzte Spuren man im Vulcanismus nicht mehr anerkennen will.

4. Wenn die Fluthhypothese der Spalten bedarf, so ist damit noch gar nichts zu Gunsten der Senkungshypothese ge-

sagt. Es sind dies bereits seit Jahrtausenden vorhandene, nicht plötzlich entstandene, sondern durch Abkühlung einer noch heissen Schichte vor und in den ältesten sedimentären Epochen, oder auch durch plutonische Kräfte erzeugte Spalten, die also nicht durch ihre Bildung, sondern durch ihr Dasein die heutige Form des Vulcanismus bedingen Die Permanenz von Spalten, nicht deren Neubildung, erklärt uns, warum es habituelle Stossgebiete, warum es Erdbeben vorzugsweise in der Nähe von erloschenen Vulkanen und hohen Gebirgen gibt und warum Vulkane viele Jahrtausende hindurch ihre Kräfte nicht erschöpfen oder nicht willkührlich bald hier, bald dort auftauchen und ein und derselbe Vulkan seine Lage wesentlich nicht verändert. Was wir über den „gewaltigen gegenseitigen Druck und die Spannung der sich verschiebenden Gebirgsmassen" zu bemerken haben, findet sich bereits pag. 12 ausgesprochen.

5. Die „Thatsächlichkeit fortdauernder Bewegung in der festen Erdoberfläche" erspart der Senkungshypothese durchaus nicht, zahlreiche weitere Annahmen und es ist gar sehr die Frage, was „einfacher" ist, die Erdbeben durch einen unterirdischen thätigen Vulkan, oder durch fortdauernde, stets an einem und demselben Punkte eintretende Senkungen, die nach aussen gar nicht als solche merklich werden, zu erklären. Von einem „grossen Vorzug", den letztere Hypothese für sich haben soll, kann um so weniger die Rede sein, als ja ihr nicht jene Stütze zur Seite steht, welche unserer Ansicht unbestritten zu Gute kommt, nämlich die thatsächliche Beobachtung, dass Erdbeben durch unterdrückte Vulkanausbrüche entstehen, Erdbeben, die sich durch Nichts von anderen unterscheiden. (Pompeji anno 63 n. Ch.)

6. Herr Bittner hat dann unserer Theorie folgende Einwürfe gemacht, die jedoch zufällig sammt und sonders als beachtenswerthe Beweise für dieselbe von Jedermann anerkannt werden, der unsere Ausführungen über die Entstehung von Reihen-Vulkanen in Spalten auf der Erde und im Monde („Grundzüge" pag. 414 und 469) gelesen hat; nämlich:

a) „das plötzliche Wiederaufleben der Kraft an vom Centrum oft weit entfernten Punkten" was soll es anders bedeuten, als das Eintreten eines dem ersten benachbarten Vulkanausbruches?

b) „der Umstand, dass an zwei oder mehreren Orten einer Erdbebenspalte zuweilen Erschütterungen aufzutreten pflegen, während die dazwischen liegenden ruhig bleiben", ist entweder wie die vorige Erscheinung oder nach Abs. 32, pag. 216 (Vergleiche Note pag 72) zu deuten.

c) „das merkwürdige Abhängigkeitsverhältniss, in dem einzelne habituelle Stossgebiete zu einander stehen" erklärt sich ganz auf dieselbe Weise wie a) oder b).

d) „Jene Fälle, in welchen ein offenbares Verschieben oder Wandern und dann zuweilen ein plötzliches Zurückspringen des Stosscentrums stattfindet„ sind gleichfalls auf dieselbe Weise, als der successive Ausbruch einer Vulkanreihe aufzufassen. Die Aetna-Eruption am 29. August 1874 hat dieses Phänomen ausgezeichnet demonstrirt, indem sich längs einer Spalte successive 7 Eruptionen von S—N wandernd entfalteten, die einfach den Weg der fliessenden Lava bezeichneten (Vergl. S. 58, 63 und Tafel III).

Demnach reicht unser einfaches Princip vollkommen aus, eine Reihe von Erscheinungen, die der Gegner ohne Zusammenhang lässt, wie aus Einem Gusse zu erklären, ja, es dürfte die Gegenprobe, ob eine andere Theorie eine so ungezwungene Erklärung dafür hat, für unsere Theorie nicht minder günstig ausfallen. Endlich wollen wir noch, bezüglich der Erdbeben von Belluno auf die ausgesprochene Periodicität der Erschütterungen hinweisen, wie sie Jedermann aus der Statistik derselben erkennen kann. Ich hätte dabei gerne Bittner's Verzeichniss benützt, allein, als ich dasselbe mit den Aufzeichnungen des in Belluno erscheinenden Journals „La Provincia di Belluno" verglich, stellten sich mehrere durchaus nicht gleichgiltige Abweichungen heraus. Es wird mir gewiss Jedermann beistimmen, wenn ich letzterer Quelle ein grösseres Gewicht beilege. Die benutzten Daten finden sich in den Nummern 55 und 57 vom Jahre 1874. Ich habe dieselben in der folgenden

Tabelle lediglich in eine übersichtlichere Form gebracht; dabei bedeutet:

. ein sehr schwacher Stoss (leggierissima)
⋮ viele sehr schwache Stösse
• ein schwacher Stoss (leggiere)
× ein fühlbarer Stoss (sensibile)
* ein starker Stoss (forte)
● ein sehr starker Stoss (fortissima)
| vorhergehendes oder nachfolgendes Getöse
— ein Stoss von längerer Dauer (prolungata.)

Bei neben einander stehenden Stössen ist der erstere in Belluno, der zweite im Bezirke Alpago gefühlt worden.

	Juli 1873	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dez.	Jän. 1874	Feb.	März	Apr.
1	⋮	:								
2	·|⋮				:	×|				
3	×|×									
4	· ⋮									
5	⋮	|⋮	•							
6	|⋮	|:	Voll	Voll	×					
7	× ×					|×				
8	• ×	Voll ●|⋮ [2]					×|			
9	× × × ×		|× ·	× •		×				·|
10	Voll									
11		•						|·		
12		•					·	•		
13	×	•								
14	×	⋮	:							
15		|·		·|					· ·
16	· *								·	

	Juli 1873	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dez.	Jän. 1874	Feb.	März	Apr.
17										
18										
19										
20	×		Neu							
21				Neu						
22										
23		Neu								
24	Neu									
25						●[3]				
26										
27	●[1]									
28	×									
29										
30										
31	×									

1. „der stärkste nach dem vom 29. Juni“
2. „stärker als der vom 27. Juli“
3. „der stärkste aller nach dem 29. Juni eingetretenen Stösse. Es wären also die stärksten, nach ihrer Intensität geordnet, folgende: 29. Juni, 25. December, 8. August und 27. Juli.“ Diese wörtlich übersetzte Notiz weiss nichts von „sehr starken, dem vom 27. Juli an Intensität gleichkommenden Stössen“ wie Bittner sie für den 1. August anführt.

Wenn wir nun hier wieder die bereits oben pag. 84 in Anwendung gebrachte, ganz und gar jede Willkühr ausschliessende Untersuchungsform einführen, indem wir nur die stärkeren Stösse berücksichtigen, also die mit prolungato, sensibile, forte und fortissimo bezeichneten, erhalten wir folgende Tabelle, deren erste Rubrik den berechneten (theoretischen) Werth der Hochfluth, die zweite den Tag derselben, die dritte alle stärkeren Stösse nach ihrer (an die Hochfluthtage anzubringenden) Datums-Correction enthält. Die Syzigien sind nach bürgerlichem

Datum, aber so angesetzt, dass die durch Vernachlässigung der Stunden entstehenden Fehler am kleinsten werden.

Tabelle A.

Fluth				
	1873 Juni	25 ●		+ 4* + 8
3,5	.... Juli	10 ○		− 3 − 2 − 1 + 3 + 4 + 6 + 7
2,9	....	24 ●		− 4 + 3* + 4 + 7
3,9	..... Aug.	8 ○		+ 0*
3,2	.....	23 ●		− 5 − 3* − 2 − 1
4,6	..... Sept.	6 ○		+ 3
3,5	.....	21 ●		− 4
4,7	.... Oktob.	6 ⊙		+ 3
3,1	....	21 ●		
4,1	..... Nov.	4 ○		+ 2
3,3	.....	20 ●		
3,4	..... Dez.	4 ○		− 2 + 3 + 5
3,2	.....	20 ●		+ 0 + 5*
3,0	1874 Jänn.	3 ○		+ 5
3,5		18 ●		
3,2	..... Feb.	1 ⊙		
4,3	.....	17 ●		
3,5	..... März	3 ⊙		
4,7	.....	18 ●		− 1
3,5	..... April	1 ○		
4,6	.....	16 ●		

Diese Tabelle lehrt zunächst, dass vom 8. Jänner ab die stärkeren Stösse aufgehört hatten, also nahe von dem Tage, wo die theoretische Fluthziffer ihr Minimum erreichte; dass dagegen mit dem Eintritte des zweiten Jahresmaximum (18. März) wieder ein Stoss „von längerer Dauer“ fühlbar wurde. Ferner ergiebt sich daraus nun wieder folgende Tabelle, worin die erste Rubrik Tage vor oder nach der Hochfluth, die zweite, die Häufigkeit ihres Vorkommens in der vorigen Tabelle, die dritte diese Häufigkeit in Percenten angibt. Percentual-Reihen erweisen sich in der Naturforschung stets lehrreich.

Tabelle B.

0	2	6,9
1	3	10,3
2	4	13,8
3	7	24,1
4	5	17,2
5	4	13,8
6	1	3,4
7	2	6,9
8	1	3,4
	29	

Man beachte die auffallende Uebereinstimmung dieser Percentualcolumne mit jener auf pag. 84!

Herr Prof. Pfaff spricht sich in seinem vorzüglichen Buche: „Allgemeine Geologie" über meine Theorie folgendermassen aus: „Was diese Theorie von vorneherein sehr wenig wahrscheinlich macht, ist der Umstand, dass eine nach allen Untersuchungen überall ganz regellos auftretende Erscheinung abhängig gemacht wird von einer ganz regelmässig wiederkehrenden, der Anziehung von Sonne und Mond, ohne dass irgend ein Grund für diese Unregelmässigkeit angegeben werden kann."

Ich denke, dass sich nun hier Beweise genug finden für ein sehr regelmässiges Auftreten dieser Erscheinung, im Allgemeinen wie im Besonderen.

Ich zeigte,

1. dass in der Vertheilung nach Monaten die 2751 Erdbebentage, welche ich vom Jahre 800 bis 1793 incl. zählte, dasselbe Gesetz befolgen, wie die 2741 von 1795 bis 1842 inclusive;

2. dass in Belluno sowohl wie am Aetna die Erdbeben in ihrer Zu- und Abnahme sich genau an die Periodicität der Fluthwerthe anschmiegten (Tabelle A. und pag. 84);

3. dass auch abgesehen von den Fluthwerthen die meisten Erdbeben sich in den 7 Tagen finden, deren Mitte der

Fluthtag einnimmt (Tabelle B. und pag. 84). Ueber die Verfrühungen siehe pag. 41 und 248.

Es ist sonach für alle Zukunft der Behauptung, dass Erdbeben eine ganz regellos auftretende Erscheinung seien, der Boden entzogen und wir brauchen diesen Einwurf nicht mehr zu berücksichtigen. Ferner bemerkt Prof. Pfaff: „Einen zweiten Einwand liefert die grosse Zahl der Stösse, deren oft mehr als 100 in einem Tage bei heftigen Erdbeben beobachtet wurden, auch dieses ist ganz unbegreiflich, wenn eine Pyriphlegetonfluth sie erzeugen soll, die auch nicht öfter als 2mal an einem Orte auftreten könnte. Als drittes können wir den schon angeführten Umstand erwähnen, dass der Sitz der Erdbeben nach Mallet's Untersuchungen entschieden viel höher liegt, als die Grenze des flüssigen Erdkernes und seiner Rinde". Diese beiden Einwürfe beruhen lediglich auf der Verwechslung meiner Theorie mit jener Perrey's. Sie fallen sofort, wenn man die Gegenüberstellung beider pag. 108 aufmerksam liest. Ich werde daher in Zukunft auch auf diese Einwürfe nicht mehr antworten.

Als Vermittlungsversuch, dem ich zwar aus gewissen, in den Beobachtungen begründeten Ursachen nicht beistimmen kann, der aber hier nicht übergangen werden darf, ist folgende Ausführung v. Lasaulx's interessant:*) „Wenn es nach den eben gegebenen Erörterungen nun allerdings einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit gewonnen hat, dass in der That die Ursache des Erdbebens vom 22. October 1873 auf eine Verschiebung zweier durch eine Gebirgsspalte getrennten Theile der Erdrinde oder auf das Aufreissen einer neuen Spalte dieser Art zurückzuführen ist, so darf dabei nicht vergessen werden, dass es eben eine blosse Wahrscheinlichkeit bleibt und der Beweis für diese Annahme nicht im Entferntesten als ausreichend erachtet wird. — Aber eine höhere Beachtung scheint diese Annahme zu verdienen, wenn sie in ihrer Uebereinstimmung mit den Ansichten geprüft wird, die neuerdings R. Mallet, der treffliche Erdbebenforscher in seiner wichtigen Arbeit über die

*) A. a. O. Seite 143.

vulkanische Thätigkeit*) ausgesprochen hat. — Wie schon Andere, wohl zuerst 1833 Constant Prevost und nachher auch Dana und neuerdings Pfaff es annahmen, ist die Verschiebung, Faltung und Zerreissung der Schichten das Resultat eines tangentialen Druckes, der durch die Zusammenziehung der Erdrinde in Folge ihrer seculären Erkaltung hervorgerufen wird. Indem der heisse Kern unter der bereits starren Rinde sich abkühlt und zusammenzieht, muss dadurch ein mehr oder weniger freies Abwärtssinken der Erdrinde oder ihrer Theile nach dem Gesetze der Schwere eintreten. Diese vertikale Bewegung wird dann innerhalb der Erdrinde in tangentiale Pressungen umgewandelt. Ohne auf die weiteren Consequenzen, die Mallet aus dieser Grundansicht entwickelt und deren Anwendung auf die vulkanischen Erscheinungen nach den Gesetzen der mechanischen Wärmetheorie eines Näheren einzugehen, mag eine Verwendung dieser ganz allgemeinen Grundlage der Mallet'schen Theorie wohl gestattet sein. Aus dieser folgt unmittelbar dass auch die Spalten und Klüfte, wie sie als Verwerfungen durch die Schichtenglieder der Erdrinde in vielfälligster Form hindurchsetzen, in gleicher Weise mit diesen Contractionserscheinungen im Zusammenhange stehen; es ist wohl kaum dafür eine die Erscheinungen besser deutende Erklärung zu finden. Einen Maasstab für die Grösse der Contraction haben wir in den von Mallet auf Grundlagen experimenteller Versuche an geschmolzenen Mineralmassen berechneten Zahlen, wonach der Durchmesser der noch ganz flüssigen Erde 8105 engl. Meilen (= 1760 geograph. Meilen) betragen habe, während er jetzt nur 7916 engl. Meilen (1719 geograph. Meilen) betrage, so dass die Erde um 185 engl. Meilen (= 41 geograph. Meilen) zusammengeschrumpft sei.**) Und dabei darf, um dieses

*) R. Mallet: Volcanic Energy. P. of the Royal Soc. June 20. 1872.

**) Wir können es hier nicht unterlassen, unsere Leser vor einem Vertrauen in diese Zahlen zu warnen. Es ist den Experimenten, wie den Rechnungen, eigen, dass sie durch ihre blendende Objectivität einen unwiderstehlichen Reiz besitzen, unter dessen Einfluss man oft auf die Kritik der dabei nicht zu vermeidenden subjectiven Voraussetzungen vergisst.

Verhältniss richtig zu beurtheilen, nicht vergessen werden, dass die Differenz zwischen den höchsten Bergspitzen und den grössten Meerestiefen wohl kaum mehr als 3 geograph. Meilen beträgt. Natürlich vollzogen und vollziehen sich die Bewegungen, die durch die Contraction der Erde bewirkt werden, nicht langsam und stetig, sondern sprungweise, mit wechselnder Heftigkeit und so treten sowohl Erdbeben als auch vulkanische Eruptionen nicht in regelmässigen Perioden, sondern in ungeregelten Intervallen ein Auch treten die Erschütterungen nicht immer als einzelne Stösse, sondern oft als Gruppen von Erschütterungen, als lang andauernde Erdbebenperioden auf. Ganz so hören wir das Knistern und Reissen erkaltender Hochofenschlacken und es würden sich gewiss die Erscheinungen eines Erdbebens experimentell nachahmen lassen, wenn man auf grössere Massen erkaltender Schlacken im Verhältnisse stehende kleine Bauten aufführte; es würden sich nicht nur die Erschütterungen wahrnehmen lassen, sondern auch Verhältnisse der Stossrichtung und der Fortpflanzung, vielleicht sogar der Tiefe sich bestimmen lassen, wenn man die Lage und die Entstehung von Contractionsrissen beobachten könnte. Das sind dann wenigstens angenähert solche Vorgänge, wie sie Mallet annimmt, wenngleich die Zerreissungen in der erstarrten Erdrinde nicht so sehr durch directe Contraction als vielmehr durch das Nachsinken der äusseren Schale bewirkt werden sollen. Wenn wir uns der Annahme zuwenden, dass Erdbeben vielleicht zum grössten Theile die Folge von Verschiebungen und Zerreissungen sind, die in der Erdrinde in der angedeuteten Weise sich vollziehen, so bringen wir dieselben denn auch wieder in einen steten, wenn auch indirecten Zusammenhang mit vulkanischen Erscheinungen und jedenfalls mit dem plutonischen Innern; ein Zusammenhang, der doch in so vielen Fällen auf anderem Wege als unleugbar sich herausgestellt hat. — Da scheinen mir denn noch zwei Factoren

Nur selten wird diese Kritik von dem Experimentator oder dem Rechner selbst (wir haben einen schönen Ausnahmsfall in der ersten Note hervorgehoben) dergestalt geübt, dass der Leser auch über das Gewicht des Resultates volle Aufklärung erhält. F.

vielleicht als mitwirkend gelten zu können. Es erscheint die Möglichkeit wenigstens nicht ausgeschlossen, dass auf diese Bewegungen in der festen Erdrinde die Fluctuationen des flüssigen Erdkernes, dessen Ebbe- und Flutherscheinungen vor Kurzem wieder Falb zu einer Erdbebentheorie herangezogen hat, *) einigen Einfluss ausüben. Eine directe Theilnahme an der Erdbebenursache muss diesen Fluctuationen schon deshalb mit Bestimmtheit abgesprochen werden, weil der Ausgangspunkt der Erschütterung nicht im Pyriphlegeton (heissen Erdkerne) liegt.**) Dass aber die innere Fluth einen Druck auf die Erdrinde ausüben könne, hebt auch schon Pfaff ausdrücklich hervor. Aber noch ein anderer Druck, der die Zerreissungen und Verschiebungen in der festen Erdkruste wenigstens gleichfalls unterstützen könnte, wird auch durch die Stellung der Meere zu den Continenten bedingt. Wenn die combinirten Wirkungen von Sonne und Mond an irgend einer Küste eine Springfluth hervorbringen, so wird der seitliche Druck, den diese gehobene Wassermasse auf die continentalen Massen ausübt, ein ganz ungeheurer sein. Dass die Wirkungen dieses grösseren Druckes das Eintreten von Zerreissungen und Verschiebungen unterstützen, die in der Contraction der Erde vorbereitet waren, erscheint wenigstens nicht undenkbar. Es mag mit Rücksicht auf diese letzteren Bemerkungen, auf die wir hier eines Näheren nicht eingehen wollen, vielleicht von Interesse sein, zu erwähnen, dass am 21. October 1873 Neumond war, also eine immerhin seltsame Coincidenz mit der heftigsten der Erderschütterungen, der vom 22. October, allerdings stattfand.“ ***)

*) Man beachte unsere Interpretation des Flutheinflusses Seite 23 und 40. F.

**) Man vergleiche bezüglich der Uebereinstimmung dieser Ansicht mit unserer Theorie die erste Note. F.

***) Wir müssen immer und immer wieder hervorheben, dass der Neu- oder Vollmond allein, oder auch in Verbindung mit der Erdnähe des Mondes, wie Perrey die Sache betrachtet, nach unserer Theorie noch nicht entscheidet. Die Stellung des Mondes oder der Sonne im Aequator ist ein gewaltiger Factor nicht nur in der theoretischen Darstellung, sondern auch in der Erdbebenstatistik. Man vergleiche Seite 89 und 96. F.

Betrachten wir uns jetzt das Erdbeben von Belluno etwas genauer! Es wurden mir folgende Erschütterungsorte, zum Theil mit Zeitangaben, bekannt, die ich, nach ihren Distanzen von Farra, dem wahrscheinlichen Oberflächenmittelpunkte, in Kreiszonen von 5 zu 5 geographischen Meilen ordne:

0—5			15—20			25—30		
Belluno	4 h	45 m	Meran	4	45	Salzburg	5	18
Ceneda			Paternion	5	8 P			
S. Pietro di Felleto			Villach	5		30—35		
Conegliano			Triest	5		München		
			Verona	5		Rimini		
5—10			Riva	5		Krems		
Cortina	5	7	Innsbruck	4	57			
Feltre			Hall			35—40		
Treviso			Schwaz			Augsburg		
S. Ulrich	5		Radmannsdorf			Urbino		
Toblach	4	55				St. Gallen		
Sillian	4	45	20—25					
			Wels			40—45		
10—15			Klagenfurt	5		Livorno		
Brunneck	5		Prutz					
Lienz	5	10 P	Oetsthal	5		45—50		
Venedig			Kufstein	5		Genua		
Bernzoll			Laibach	5	19			
Botzen			Mantua			50—55		
Pfunds	4	45	Tegernsee			Wien		
Padua			Pola	5				
Trient								
Görz								

Davon sind Belluno, Innsbruck, Salzburg, Görz, Laibach, Toblach und Lienz ohne Zweifel am richtigsten notirt, die ersten fünf, weil sie grösseren Städten angehören, die letzten zwei, weil ich sie unmittelbar von den Chefs der betreffenden Bahnstationen erhalten habe, welche den Stoss fühlten und sofort die Uhr ablasen. Erstere haben Ortszeiten, Toblach hat Münchner-, Lienz Prager-Zeit. Zu einer Berechnung der Elemente reicht augenscheinlich keine dieser Angaben aus; allein interessant war es, einen Versuch über die resultirende Oberflächengeschwindigkeit zu machen und ich glaube ein eigenthümliches, beachtenswerthes Resultat gefunden zu haben.

Es galt zu untersuchen, ob gewaltige Bergmassive die Stösse nicht anders fortpflanzen, als die sedimentären, horizontal gelagerten Schichten der Ebene.

Folgende Ziffern sprechen deutlich.

Es wurden drei Richtungen genommen, von welchen zwei durch hohe Gebirge, eine durch Ebenen läuft. Jede Strecke wurde nach ihrer ersten und zweiten Hälfte, sowie im Ganzen, besonders behandelt.

Die erste Rubrik gibt die absolute Geschwindigkeit in Meilen per Minute, die zweite die Verhältnisszahlen, für jede Strecke gesondert. O bedeutet Oberflächenmittelpunkt (Farra).

O – Toblach	0.82	1,0
Toblach - Innsbruck	2,25	2,7
O – Innsbruck	1,25	1,5
O Lienz	0,55	1,0
Lienz - Salzburg	1,36	2,5
O – Salzburg	0,85	1,5
O – Görz	0,94	1,2
Görz – Laibach	0,90	1,1
O-Laibach	0,79	1,0

Die zwei Gebirgsrouten zeigen demnach eine merkwürdige Uebereinstimmung in dem Verhältniss der Fortpflanzung auf jeder einzelner Hälfte zu jener in der Gesammtstrecke. Die dritte Route unterscheidet sich wesentlich von den beiden ersteren und ich glaube als Ursache in der That die geologische Differenz des Terrains annehmen und den Satz aussprechen zu dürfen, dass Massive die Erschütterung rascher fortpflanzen, was wohl auch von Anderen vielleicht theoretisch gefolgert, aber noch nicht empirisch nachgewiesen werden konnte.

Das Verhältniss von Belluno und Farra zum Erdbebenherde beleuchten folgende Beobachtungen, von denen ich die Reihe Farra aus der Hand des Herrn Pietro Raspi, Commandanten der 19. Compagnie der Sapeurs in Farra die Reihe Belluno von H. Advoc. Dr. Andrich in Belluno erhielt. Ersterer bemerkte ausdrücklich, dass er nur die stärkeren notirte.

Juni.	Zeit.			Farra.	Belluno.
29	4h	45m	Morg.	. . . . .	Hauptstoss. Dauer 15 S.
—	—	55	„	. . . . .	Schwächerer Stoss.
					Im Laufe des Tages mehrere dgl.
30	1	30	„	. . . . .	Empfindlicher (sensibile) Stoss. Andere schwächere in langen Zwischenpausen.
Juli.					
2	5	30	„	. . . . .	Leicht.
-	11	31	„	. . . . .	Empfindlich.
					Nach Einigen mehrere sehr schwache später.
4	10	—	M	Stark; 1½ Sec. Nach 3 Secund. Knall mit Vibration; ½ Sec.	
5	9	47	M.	. . . . .	Sehr empfindlich.
	10	—	„	. . . . .	Leicht.
	3	5	Abds	Stark, wellenförmig; 1 Sec.	
	3	15	„	Knall mit Vibration; 0,5 Sec.	
	15	10	„	Starker Stoss; 1 Sec.	
	—	30	„	Leicht; 0,5 Sec.	Circa 3h 30m einige kaum merkliche.
	5	30	„	Stark; 2 „	
	6	30	„	Knall.	
	9	10	„	Knall.	
6	5	—	Morg.	. . . . .	Einsturz des Domes.
	10	22	„	Sehr stark, wellf., 2,5 Sec.	(10h 20m M. ohne weitere Bemerkung.)
	—	33	„	Knall.	
	12	15	Abds	Knall.	
	—	25	„	Knall.	
	2	—	„	Knall mit Vibration.	
6	3	5	M.	. . . . .	(Ohne weitere Bemerk.)
	—	30	„	Stark, 1 Sec.	
	8	45	„	Schwach, 0,5 Sec.	
8	6	23	M.	Schwach, 0,5 Sec.	
	7	32	„	Schwach, 1 Sec.	
	9	55	„	Knall mit Vibr.	
	12	2	Abds.	Knall.	

Juli.	Zeit.		Ferra.	Belluno.
9	1 12	Abds.	Knall.	
	3 19	„	Stark, 1 Sec.	
	7 9	„	Sehr stark, wellf. u. aufst. 3 Sec.	(7h 10m Ab., ohne Bem.)
	— 47	„	Leicht.	(7h 50m Ab., ohne Bem.
	8 44	„	Knall.	
	9 32	„	Leicht, 1 Sec.	
	— 47	„	Stark, leichtgewellt, 2 Sec.	
	10 5	„	Leicht, 1 Sec.	
	— 20	„	Knall.	
	12 —	Mttn.	Stark, wellf.	
10	3 45	Morg.	Leicht gewellt. 1 Sec.	
	5 32	„	Leicht, 0,5 Sec.	
	— 41	„	Leicht, 0,5 Sec.	
11	3 50	„	. . . . .	Stark. (Viell. 5h 50m?)
	5 45	„	Sehr stark, wellf. 2 Sec.	
	6 10	„	Stark, wellf., 1,5 Sec.	
	10 25	„	Zieml. stark, 1 S.	
12	3 50	„	. . . . .	Ohne Bem.
	6 50	„	Knall mit leicht. Vibrationen.	
	10 —	Abds	. . . . .	Mit furchtb. Gewitter.
13	1 50	M.	. . . . .	Sehr stark, 5 Sec.
14	9 59	M.	Stark, wellf., 2 S.	
	11 —	„	. . . . .	Stark, 5 Sec.
15	1 20	Abds.	Leicht, 0,5 Sec.	
	2 15	„	Leicht, 0,5 Sec.	Sehr leichte, kaum merkbare Stösse.
16	4 55	„	Stark, 2 Sec.	
	6 10	„	Leicht, 1 Sec.	
17	3 55	M.	Leicht, 1 Sec.	
20	9 30	„	Sehr stark, wellf, 3 Sec.	(9h 27m sehr empfindlich; 4 Sec. es folgten schwächere!

Hier schliesst das Verzeichniss des H. P. Raspi; jenes von Dr. Andrich läuft fort.

Juli.	Zeit.	Belluno.
27	1h 5m Abds.	sehr stark, es folgen leichte Oscillationen
Aug.		
1	Abends.	sehr schwach. Es folgen nun jeden Tag dergl.
8	8h 10m M.	sehr heftig; 5 Sec. mit Einstürzen; so der Rest des Domes.
9	5 — „	es folgen sehr kleine jeden Tag.
17	7 20 Abds.	sehr schwach.
18	5 20 M.	empfindlich.
	5 45 „	empfindlich, fast stark.
	9 42 „	sehr schwach.
	1 7 Abds.	sehr schwach.
19	2 45 M.	empfindlich.
	12 — Mittg.	empfindlich.
20	3 15 Abds	stark.
21	1 40 M.	(ohne Bem.)
	10 10 „	sehr stark.
22	12 5 „	sehr kurz.
25	9 15 Abds	leicht.
	11 — „	leicht.
27	11 45 M.	sehr leicht.

Hier schliesst das Verzeichniss des H. Dr. Andrich. Es ergeben sich aus der Vergleichung beider Listen und jeder einzelnen folgende Thatsachen:

1. Trotz der zahlreichen Stösse an beiden Orten sind doch vom 4. Juli an nur fünf identische beobachtet worden und zwar am

5. Juli 3 h 30 Abends einige schwache
6. — 10 22 Morg. sehr stark
9. — 7 9 Abends sehr stark.
— — — 47 „ schwach.
20 — 9 30 Morg. sehr stark.

2. Die gemeinsam beobachteten starken entsprechen den Fluthzeiten des Juli.

3. Eine merkliche Zunahme der Zahl der Stösse zeigt der 9. Juli, was wieder mit der Fluththeorie stimmt (eintägige Verfrühung).

4. Die Stösse vom 20. und 27. Juli sind die stärksten seit längerer Zeit; sie werden aber noch von dem am 8. August

übertroffen. (27. Juli und 8. August wurden vom Verfasser in vorhinein als kritische Tage bezeichnet. Vergl. Pag 42.)

5. Der nächste, mit „sehr stark" bezeichnete, trat am 21. Aug. 10 Uhr 16 M. ein. Dies stimmt mit der Fluththeorie und gibt eine zweitägige Verfrühung.

6. Leichte Stösse treten in der Regel zahlreich nach sehr starken ein.

7. Die Knallputsche (Boati) treten am häufigsten nach stärkeren ein.

Diese Thatsachen, welche den Reihen-Typus bilden, entsprechen also in doppelter Beziehung der Theorie des Verfassers. Zunächst ist der Einfluss der Fluthkräfte deutlich ausgesprochen; dann zeigen die unter 6. und 7. angeführten Eigenthümlichkeiten den Charakter vulkanischer Eruptionen mit Bezug auf die Pag. 52 und 243 geschilderte Thätigkeit der Lava.

Für den Charakter des ersten Stosses und die Veränderung des Azimutes spricht die rotatorische Bewegung der Pyramide im Friedhofe zu Farra, welche zum Absatz 38 p. 223, ein treffliches Beispiel bietet. Diese Pyramide (Taf. XII) ist ohne das Kreuz 4,7 Meter hoch und besteht aus sieben Stücken, die alle, ohne Ausnahme, gegen einander verschoben wurden. Das unmittelbar auf dem viereckigen Sockel (1), dessen mit m bezeichnete Ecke (Taf. XIII, Figur 24) genau nach Ost sieht, stehende Stück (2) wurde von NO nach ONO, der über 2 stehende Pyramidentheil (3) in demselben Sinne, aber noch stärker gedreht (Fig. 23) so dass dessen mit b bezeichnete Ecke, die früher nach Nord sah, nun gegen NNO gerichtet ist. Das achteckige Prisma (4) ist in Bezug auf seine Unterlage (3) gegen N verschoben (Fig. 22); dessen mit g bezeichnete Ecke erlitt eine Drehung um 67° gegen Süd. Die darüber liegende viereckige Platte (5) ist gegen das Prisma etwas weniges verschoben (Fig. 21) und der über (5) liegende viereckige Knauf (6) erscheint dagegen wieder von SO nach S gedreht; so dass im Ganzen die Drehung von NO über O nach S vor sich gegangen ist. Der Abstand der hervorragenden Ecken von der nächsten Seite ist bei a = 10, b = 15, c = 8, d = 20, e = 4 und f = 1 Centimeter. Diese Drehung entspricht (nach Abs. 38,

pag. 223) genau einer Aenderung des Stoss-Azimutes von NO nach S, die wieder (nach Abs. 35 pag. 219) nur in mehreren Stössen aus verschiedener Tiefe ihren Grund haben kann. Wie Mallet die Drehung erklärt, wäre eine so grosse Uebereinstimmung, einerseits zwischen den einzelnen Stücken der Pyramide, anderseits mit den anderweitigen Angaben über die Stossrichtungen gar nicht denkbar. Nach unserer Theorie muss dementsprechend die Flächen-Projection des Durchbruchscanales südöstlich oder nordwestlich von Farra vorbeilaufen und der tiefste Punkt des Canales, von welchem der erste Stoss des Bündels ausging, im ersteren Falle in NO, im letzteren Falle in SW liegen. Letztere Richtung führt wieder, wie die Erörterung pag. 258 auf den See von St Croce und den Berg Faverghera

Eine eigenthümliche Erscheinung bot der Kirchthum in Farra, welcher 25—26 Meter hoch ist und dessen Spitze eine auf einem Sockel stehende Pyramide mit Kugel und Kreuz bildete. Diese Stücke fand ich herabgeschleudert und noch unangetastet auf dem Platze liegen, wohin sie fielen, was durch tiefe Eindrücke in den Boden, wie auch durch die Aussage der Bewohner erwiesen war. Man sagte mir ferner mit Bestimmtheit, dass die drei Stücke beim ersten Stosse „gleichzeitig" herabgeschleudert wurden. Während nun die Kugel mit dem daran befestigten Kreuze und der Sockel hart nebeneinander in SSO drei Meter vom Thurme lagen, befand sich die Pyramide zwei Meter davon in O. Dieser Fall, welcher p. 224 theoretisch behandelt ist, spricht deutlich genug für eine Aenderung des Azimutes während des ersten Stosses.

Der mehrfach erwähnte Spalt im Boden des Friedhofes ging genau unter der Pyramide von SO NW durch.

*) Zu Seite 67. Die Stösse traten wie folgt auf:

Am 30. Aug :	7	Uhr	23	Min. Morg:	leicht
	9	„	59	„ „	sehr schwach
	1	„	20	„ Abends	stärker
	3	„	10	„ „	„
	3	„	10	„ (bald darauf)	schwächer
	6	„	31	„ Abends	schwach

Am 30 Aug.:	11 Uhr	15	Min.	Abends	sehr stark	voraus-gehend Ge-räusch.
—	„	25	„	„	„	
—	„	30	„	„	„	
—	„	34	„	„	„	
—	„	40	„	„	schwächer	
—	„	50	„	„	„	
—	„	50½	„	„	sehr schwach	
—	„	52	„	„	„	
—	„	53	„	„	„	
—	„	54	„	„	äusserst stark	
Am 31 Aug.:	12	„	4	„	Morg.	schwach
—	„	5	„	„	sehr schwach	
—	„	12	„	12 Sec. Morg.	„	
—	„	13	„	— „ „	stärker	
—	„	14	„	30 „ „	schwach	
—	„	—	„	31 „ „	stärker	
—	„	—	„	31½ „ „	sehr stark	
—	„	15	„	16 „ „	schwach	
—	„	16	„	15 „ „	„	
—	„	17	„	0 „ „	stark	
—	„	—	„	12 „ „	schwach	
—	„	18	„	35 „ „	stärker	
—	„	19	„	13 „ „	schwach	
—	„	20	„	0 „ „	„	
—	„	20	„	45 „ „	„	
—	„	21	„	20 „ „	„	
—	„	21	„	45 „ „	„	
—	„	22	„	18 „ „	stärker	
—	„	28	„	35 „ „	schwach	
—	„	29	„	43 „ „	sehr schwach	
—	„	30	„	0 „ „	stärker	
—	„	35	„	45 „ „	„	
—	„	36	„	43 „ „	schwach	
—	„	44	„	30 „ „	stärker	
—	„	44	„	33 „ „	„	

Von da ab konnte ich bei Vollmondlicht nurmehr die stärksten verzeichnen.

12	Uhr	47	Min.	14	Sec.	drei	starke	nach	einander	
—	„	49	„	20	„	zwei	„	„	„	
—	„	56	„	30	„	zwei	„			
1	„	5	„	—		ein	starker			
—	„	19	„	—		zwei	stärkere			
2	„	52	„	—		letzter	Stoss			

[1]) Zu Seite 77. Die Kühnheit, eine so bestimmte Voraussage in einem grossen, weit verbreiteten Journale in die Welt zu senden, wird nur durch das feste Vertrauen in die Theorie, das mich ja auch die weite und kostspielige Reise nach Sizilien machen lies, gerechtfertiget. Und wodurch wird dieses Vertrauen gerechtfertiget? Ich sage, durch die vorausgehenden Untersuchungen und Arbeiten; die grosse Mehrzahl der Kritiker dagegen sagt: durch den Erfolg. Es ist eben dies die bequemste Methode der Kritik, die gar kein Kopfzerbrechen verursacht. Man hat noch nie Jemandem, der ein Ereigniss mit Erfolg voraussagte, einen Vorwurf gemacht. Und doch ist diese Methode des Urtheilens eine rohe und nur für die gedankenlose Menge zu rechtfertigen, die für die Eruirung anderer Kriterien keine Zeit hat. Ich hatte auch diesmal den Erfolg für mich, denn die vulkanische Thätigkeit des Aetna hat am 26. September in der That wieder zugenommen. (Vergl. pag. 81). Einem Missverständniss des Ausdruckes „vulkanische Thätigkeit" war durch den folgenden Satz vorgebeugt: „Ob der grosse Durchbruch und mit ihm die Entleerung bereits zu dieser Zeit oder erst nach Monaten eintreten wird, hängt von der Beschaffenheit des festen Gerüstes ab." Vulkanische Thätigkeit ist also hier mit Durchbruch oder Eruption nicht identificirt. In der Broschüre: „Die Herzogenrather Erdbeben im Jahre 1873 von Dr. R. M. Lersch" pag. 27 findet sich folgende Bemerkung: „Nach R. Falb's Profezeiung (Ende Sept) soll ein furchtbarer Ausbruch zwischen Bronte und Randazzo bevorstehen. 25. Sept. und 25. Oct. wurden von ihm als Zeit erhöhter Vulkanthätigkeit voraus verkündet." Der letzte Satz ist richtig, woher aber der erste genommen wurde, ist mir ein Räthsel. Vielleicht liegt die Lösung desselben in dem „soll", das beim zweiten Satze fehlt. Dieses „Soll" hat meiner Theorie schon vielen Schaden zugefügt. So

schrieb im Jahre 1869 Friedrich Gerstäcker an die „Kölnische Zeitung“: „In Venezuela trat die Falb'sche Profezeiung in einer neuen Gestalt auf. Nach dieser soll am 5. October der Mond mit der Erde in Collision kommen und möglicherweise unsern Erdball aus den Angeln heben“ Eine weitere ähnliche Notiz brachte die „Presse“ vom 20. Oct. 1869: „Man schreibt uns aus Lima 28. August: Kein Name ist an der Westküste Südamerika's mehr in aller Munde, als der des deutschen Gelehrten Falbe (sic) dessen Profezeiung, dass am 19. August ein Erdbeben an dieser Küste stattfinden werde, merkwürdigerweise in Erfüllung gegangen ist. Am 17. August wurden hier und in Callao um Mitternacht zwei leichte Erdstösse verspürt. Dies genügte, um die ganze Bevölkerung mit Entsetzen zu erfüllen und aus den Betten zu jagen; man fürchtete, die Katastrophe von Arica vom 13. August vorigen Jahres werde sich wiederholen. Bis 19. August wurden etwa 40 Erdstösse gezählt, die jedoch ohne Schaden abliefen. Der heftigste Stoss kam am 19. in Iquique vor. Der alte Vulkan Isluga gerieth wieder in Thätigkeit und spie Feuer und Asche aus. Dieser Umstand bestärkt die Bevölkerung in der Furcht, dass die von Falbe auf 30. Sept und 1. October profezeiten Erdbeben wirklich eintreffen werden. In Callao sind fast alle Familien nach Bella Vista, Mille Flores oder Magdala weggezogen, um der grossen Springfluth zu entgehen, welche nach Falbe's Profezeiung am 30. September Callao abermals so verschlingen soll, wie es vor 120 Jahren der Fall war (!) Ebenfalls am 19. öffneten sich wieder die alten Vulkane Pichinchi und Cotopaxi und werfen noch Flammen und Lava aus. Da die Bevölkerung Peru's und Ecuadors wegen der von Falbe auf Ende September angesagten Katastrophe voller Kummer und Sorge war, musste ein kurzer, in der spanischen Ausgabe des Panama Star and Herald erschienener, mit „Falbe“ unterzeichneter Artikel grosse Freude erregen, da in demselben, dem Anscheine nach von dem deutschen Gelehrten selbst mitgetheilt ward, dass er bei der Berechnung des peruanischen Erdbebens von Ende September einen Rechnungsfehler begangen habe, so zwar, dass dasselbe sich nicht 1869, sondern 1969 ereignen werde. Dieses angeblich authentische „Eingesendet“ wurde

zum Tagesgespräch: viele glaubten daran, weil es ihren Wünschen entsprach, andere bezweifelten dessen Echtheit. Das Erscheinen dieser Mittheilung hatte immerhin die Wirkung, dass die Beichtstühle, die nach dem Erdbeben in Lima und Callao täglich von Hunderten von Bussfertigen belagert wurden, wieder bedeutend geringeren Zuspruch fanden. Der letztere Umstand rief das Interesse des Erzbischofs von Lima an dem Erdbeben wach; derselbe stellte Nachforschungen nach dem Verfasser des „Eingesendet" an und drohte demselben mit Gefängniss. Wie man vernimmt, soll ein italienischer Apotheker in Callao der Bösewicht gewesen sein. Ein Dampfer brachte heute Morgens die Nachricht, dass ein Ausbruch des alten Vulkans Misti stattgefunden hat und dass nicht nur Guayaquil 2 bis 4 Zoll tief mit Asche bedeckt ist, sondern auch Quito von demselben bedroht wird." Jenes falsche „Eingesendet", von dem hier die Rede ist, wurde mir von Lima zugesandt; es lautet: „Habiendo hecho en union de tres amigos astrónomos, los senniores Andresi, Balco i Doro, otro estudio i calculo con referencia al terremoto que, segun calculos anteriores, debia ocurrir en el mes de agosto o setiembre procsimo, principalmente en la costa del Perù, me veo en el deber de declarar, que no solamente me han convencido los citados amigos, sino que yo mismo abrigo la conviccion de que habia yo cometido un gran error, i que el fenòmeno no tendrà lugar hasta el anno de 1969. Por humillante que aparezca esta rectificacion la hago por que mi conciencia me lo dicta.

Panamà julio 22 de 1869."

Falb.

Diese Fälschung hatte vielleicht einen guten Zweck und für manche Leute heiligt ein solcher die Mittel.

[8]) Zu Seite 81. Einer Beachtung wurde bisher meine Theorie von folgenden Gelehrten gewürdiget: Prof. v. Hochstetter in der „Allgemeinen Erdkunde". Dr Hermann Klein in der „Entwicklungsgeschichte des Kosmos". Prof. Rühlmann in dem „Handbuche der mechanischen Wärmetheorie"; Prof. Pfaff in den „Vulkanischen Erscheinungen"; Dieffenbach in „Plutonismus u. Vulcanismus"; Prof. v. Lasaulx in der Abhandlung über das „Erdbeben von Herzograth", (sehr lesens-

werth!) grösstentheils zustimmend; Dr. Julius Schmidt, Director der Sternwarte in Athen, sagt, ohne einen Namen zu nennen, in seinen „Vulkanstudien“ (Leipzig 1874) pag. 172: „Man wird einst finden, dass die periodischen Variationen in den Phänomenen der Eruption (auf Santorin) mit der Lage der genannten Himmelskörper (Sonne und Mond) in Verbindung stehen.“

Prof. Credner sagt („Elemente der Geologie“ 1872, p 128): „Ziemlich wahrscheinlich hingegen dürfte der Einfluss der Constellationen des Mondes zur Sonne und Erde auf die Erdbeben sein, so dass die Ursache der letzteren in Springfluthen des gluthflüssigen Erdkernes, d. h. in dessen Bestreben zu suchen sein würde, der Anziehung der Sonne und der des Mondes zu folgen. In diesem Streben wird er von der festen Erdkruste gehemmt, übt also auf diese stellenweise einen Druck aus und sucht sie zu heben. Ist der Andrang des Erdkernes stärker als die Festigkeit der Kruste, so wird letzterer stoss- oder wellenförmig gehoben. Nach dieser Theorie würde der Strich der Erdoberfläche, der den Gipfel der Fluthwelle entspricht, also die heisse Zone, der vorzüglichste Schauplatz der Erdbeben sein, während die Heftigkeit und Häufigkeit derselben nach den Polen zu abnehmen muss, eine Forderung, welche im Allgemeinen durch die Erfahrung bestätigt wird.“ Aus dem Wortlaute geht hervor, dass damit meine Theorie gemeint ist, nur ist darin auch die empfindlichste Lücke derselben, welche ich in den vorliegenden Blättern vollständig gehoben zu haben glaube, enthalten.

Dagegen sagt Prof. Heis in Münster (gelegentlich einer Besprechung von Dieffenbach's Brochure), meine Theorie sei ihm niemals sympathisch gewesen, ohne weitere Gründe anzuführen. Doch heisst es gelegentlich der Mittheiluug des Rheinischen Erdbebens vom 2. October 1869 in seiner Wochenschrift: „Die Kräfte, welche für Anfang October grosse Erdbeben in Südamerika voraussehen liessen, scheinen ihre Wirkungen bis in unsere Gegenden erstreckt zu haben.“ Prof. Nöggerath im „Ausland“ 1874 Nr. 43: „Ich meine: die Hypothese müsse auf lockeren Füssen stehen. Hr. Falb könne uns damit nicht bange machen“ (Sic!) So sagt denn auch v. Dechen bei Gelegenheit seiner Hypothese: „Es scheint nicht, dass

die Erdbeben in ihrem ganz unregelmässigen Auftreten (sic) mit den regelmässig wiederkehreuden Gezeiten verglichen und auf denselben Grund Bewegungen der Erde und des Mondes bezogen werden können. Ein Vorhersagen von Erdbeben auf Grund dieser Ansicht ist jämmerlich missglückt."

K. v. Seebach sagt in dem Abschnitt „Erdbebenkunde" in Dr. G. Neumayer's: „Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen" pag. 313: „Von diesen Erfahrungen" — nämlich Perrey's — „bis zu der neuerlings von R. Falb wieder mit Eifer verfochtenen Theorie, nach welcher die Erdbeben nur als eine Fluthbewegung des gluthflüssigen Erdkerns aufzufassen sind, ist nur noch ein Schritt. Offenbar ergaben aber alle derartigen Untersuchungen, auch wenn sie auf die fleissigsten Sammlungen sich stützten, doch immer nur unvollkommene Inductionen*) und der Versuch R. Falb's, ein grosses Erdbeben für Peru vorauszusagen" — für Peru? und nur Eines? den wahren Sachverhalt gibt die nächste Mittheilung — „ist daher — wie bekannt, auch kläglich fehlgeschlagen". Ich will auf den Ton der Animosität, welcher sich in den Ausdrücken „jämmerlich missglückt" und „kläglich fehlgeschlagen" hinlänglich kund gibt, nicht eingehen, sonst müsste ich für diese, nichts weniger als wissenschaftlichen und eines Vertreters der Wissenschaft würdigen Expectorationen ein Wort anwenden, welches sonst nur die harmlose Conversation alter Mütterchen bezeichnet. Mögen die Verdienste Jemandes um die Wissenschaft auch noch so gross sein, ein Privilegium, Anderen Unrecht zu thun, geben sie darum doch nicht! Was ich voraus gesagt habe, und was in der That geschehen ist, lässt sich durch keine Autorität wegdisputiren.

Ich lege grosses Gewicht auf solche „fachmännische" Aeusserungen, welche in einer künftigen Geschichte der Geologie eine ganz eigenthümliche Rolle spielen werden. Prof. Karl Vogt in der neuesten Auflage seines vorzüglichen Lehrbuches der Geologie bemerkt Folgendes: „Die Ursachen, welchen die Erdbeben zugeschrieben werden müssen, sind Gegenstand mannig-

*) Nur insofern jede Induction unvollkommen ist. Vgl. den gesperrten Satz pag. 292.

facher Speculationen gewesen. In neuester Zeit noch versuchte R. Falb darzuthun, dass dieselben von Fluthbewegungen herrührten, die auf der Oberfläche des feurigflüssigen Erdkernes durch die Anziehung von Sonne und Mond entständen, in ähnlicher Weise, wie die Fluthwellen des Meeres, so dass man also Zeit und Ort" — in meinem Buche ist ausdrücklich bemerkt, dass der Ort nicht vorausgefunden werden kann — „der grösseren Erderschütterungen in ähnlicher Weise wie Hochfluthen berechnen könne. Eine solche Berechnung wurde auch vorgeführt und für Mitte September 1869" — nein, sondern für 30. September oder 1. October 18[illegible]9 — „Erdbeben mit solcher Sicherheit für Peru" — nein, sondern allgemein für den Gürtel der heissen Zone — „vorausgesagt, dass die Einwohner dort voll Schreckens die Städte verliessen und Wochen lang im Freien campirten" — nur eine Folge davon, dass man so wichtige Dinge nicht nach den Originalarbeiten, sondern nach dem Hörensagen behandelt, was übrigens dem Volke von Peru, das keine Gelehrtenversammlung ist, nicht verargt werden kann, umsoweniger, als es durch eine ohne mein Wissen und Wollen ad hoc abgefasste spanische Speculations-Brochure: „El proximo terremoto" betitelt, aufgeregt wurde. Doch sagt ein Journal von Peru mit Bezug auf meine allgemeine Voranzeige ausdrücklich: „Aunque la teoria de Falb no indica con exactitud los puntos de la tierra comprendidos en las rejiones ecuatoriales, que han de esperimentar el cataclismo, quizá los habitantes del Callao y Lima nos veremos exentos de él en caso de efectuarse, esperimentándolo otros lugares, como sucedió el anno anterior; y si la teoria es verosimil, puede ser, que el temblor ó temblores annunciados para el 30. de setiembre ó 1o de octubre se efectuen en otros puntos („El National" Correspondenz aus Callao vom 7. August 1869.) Zu deutsch: „Da Falb's Theorie jene Punkte der Aequatorial-Gegenden, welche die Katastrophe treffen soll, nicht mit Bestimmtheit anzeigt, können wir Bewohner von Callao und Lima, selbst wenn sie sich bewähren sollte, uns davon verschont sehen, indem sie andere Gegenden als die vorjährigen treffen würde; und wenn man der Theorie vertrauen darf, kann es wohl geschehen, dass die

für den 30. September oder 1. October vorausgesagten Erdbeben in anderen Orten auftreten." Diese objective Auffassung fusst auf dem Wortlaute meiner Schlussfolgerung und man sieht sofort den grossen Vortheil, den — Unbefangenheit gewährt. Doch hören wir Hrn. Prof. Vogt weiter: „Das Erdbeben kam aber nicht — dagegen wurde am 1. October Manila erschüttert" (— und schwach auch Lima, Filmore, Uthah; am 2. Bonn, Cormons, Manila, am 3. Coblenz und Manila; am 4. Manila und Purace-Eruption; am 5. Manila und die Krim — wäre Alles noch hinzuzufügen gewesen) — „und wenn man dies als Beweis für die Theorie ansehen wollte, so bemerkt Fuchs ganz richtig, dass Berechnungen von Erdbeben, für welche ein Spielraum von 14 Tagen Zeit und 160 Längengraden Raum bleibt, keine Berechnung ist, indem während dieser Zeit fast nothwendig eine Erschütterung in irgend einem Orte stattfindet. Da überhaupt die Hypothese auf der Annahme eines flüssigen Erdkernes beruht, die in keiner Weise erwiesen ist, so fällt dieselbe an und für sich dahin." (— Wie wäre es, wenn sie denn doch nicht dahinfiele und man dann den Schluss umgekehrt machen würde?)

Nach dem Tone dieser Ausführung will es fast scheinen, als müsse man für alle darin enthaltenen thatsächlichen Unrichtigkeiten weniger den genialen Entdecker der cerebralen Verwerfungs-Spalten, als Herrn Fuchs verantwortlich machen, der übrigens ein ganz vortreffliches Buch über „die vulkanischen Erscheinungen der Erde" geschrieben. Dass die von mir in den angeführten Paragraph eingefügten, den wahren Thatbestand gebenden Correcturen (die durch einfaches Nachschlagen meines Buches: „Grundzüge zu einer Theorie der Erdbeben und Vulkanausbrüche", 526 Seiten, Graz 1869—1870, controlirt werden können), nicht nur die ganze obige Argumentation über den Haufen werfen, sondern für die Richtigkeit meiner Theorie ein bedeutsames Zeugniss ablegen, brauche ich wohl nicht weiter zu erörtern. Mir drängte sich beim Lesen dieses Paragraphes nur die Frage auf, wozu es in einer Angelegenheit, deren Erforschung ohnedies bereits mit Schwierigkeiten aller Art verbunden ist — wie die Herren Vogt und Fuchs gerne eingestehen werden —, einer Entstellung der Thatsachen bedürfe?

— Sollte dies etwa nach homöopathischem Principe (Anregung kräftiger Reaction durch kleinen Reiz) den Fortschritt der Wissenschaft fördern? Dann müsste man allerdings den genannten Herren, wie so vielen anderen weit geringeren Celebritäten zu grösstem Danke verpflichtet sein. Doch bisher war ich naiv genug zu glauben, einem Gelehrten könne Nichts mehr am Herzen liegen, als die rückhalts- und rücksichtslose Erforschung, Darlegung und Anerkennung der Wahrheit. Kann angesichts der zahlreichen, von mir nicht ohne Mühe und Zeitaufwand zusammengestellten Daten und durchgeführten Rechnungen, wie solche sich in dem erwähnten Buche finden, noch von „Speculation" die Rede sein? Kann die von mir gefundene Thatsache, dass die hervorragendsten, mit Berücksichtigung aller Faktoren (nicht blos der Syzigien und Perigäen, wie es Perrey versuchte) berechneten theoretischen Fluth-Tage mit einer Maximalzahl von (nicht mit Einem) Erdbeben (Erdbeben-Paroxismen) zusammenfallen — überhaupt so aufgefasst und kritisirt werden, wie oben geschehen? Ist die von mir gefundene Thatsache, dass bei besonders starken theoretischen Werthen heftige Erdbeben einige Tage vor dem Syzigium eintreten („Anticipation des Effectes", eine Thatsache die ich geradezu als Experimentum crucis für die Erkenntniss der nächsten Ursache dieser Naturerscheinung betrachte), so ganz ohne Belang, dass eine nähere Prüfung und Erwägung derselben a priori abgewiesen werden darf? Oder soll ich, auf Gerechtigkeit verzichtend, schon damit mich zufrieden geben, von den Koriphäen des Faches überhaupt nicht todtgeschwiegen zu werden? Mögen mir's die Götter verzeihen, wenn ich hier unbescheiden werde, allein so unerhörter Entstellung gegenüber muss auch das ruhigste Blut in Wallung gerathen, und das Göthe'sche Wort müsste ich mir zuschleudern lassen, wenn ich aus kriechendem Respect vor irgend einer „Autorität" bei vollem Wind die Segel strieche. In unserer Zeit der gegenseitigen Fanfaren-Duette hat keine Hoffnung auf Beachtung, wer nicht die Trompete für sich und Andere zu blasen versteht. Meiner Individualität sagt die Backen-Arbeit nicht zu; ich bleibe ruhig beim Pfluge und greife allenfalls zum Schwerte, wenn man mich gar zu leicht abthun will. Mag man mir es

entgelten lassen, was kümmert's mich? Mein Schild ist ein hieb- und stichfestes Dilemma, das da lautet: entweder harmonirt meine Ansicht mit der Natur, dann steht mir ein mächtiger und ewiger Kempe zur Seite; oder ich war in arger Täuschung befangen, — dann ist kein Hieb so stark als der, den ich auf mich selbst geführt. Sollte jedoch — was wohl unwahrscheinlich, doch nicht unmöglich ist — die Revanche darin bestehen, dass man meine Theorie zwar nothgedrungen anerkennt, aber — einem Anderen zuschreibt, so wird die objective Darstellung pag. 108 genügen, um jeden ehrlichen selbstlosen Forscher auf die richtige Fährte zu leiten. Ehr- und scheelsüchtige egoistische Individualitäten aber castriren sich **selbst** und verlieren daher die massgebende Stimme.

[9]) Zu Seite 89. Die Reihe c dient nun auch vortrefflich dazu, den Mit-Einfluss des Mondes in den einzelnen Monaten nachzuweisen.

Nach unserer Theorie müsste also im Allgemeinen in jedem Jahre die Monats-Zahl der Erdbeben nach Percenten parallel mit dieser Reihe laufen, jedoch in jenem Monate, wo die Fluthziffer am höchsten steigt, eine bedeutende Abweichung von der Reihe, in positivem Sinne, stattfinden. So ergiebt sich z. B. nach der verdienstvollen Zusammenstellung von C. W. Fuchs im Jahre 1873 folgende Percentual-Reihe, unter welche wir die Reihe c und die höchsten Fluthstärken jedes Monates setzen:

	Jän.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov	Dec.
1873	15,75	6,30	9,45	4,72	2,36	3,94	12,60	6,30	6,30	17,32	11,02	3,94
c	10,62	9,04	8,22	8,29	7,78	6,86	7,07	7,73	7,34	9,42	8,47	9,22
Fl.	4,1	4,5	4,4	3,7	3,4	3,3	3,5	3,9	4,6	4.7	4,1	3,4

Die Zusammenstellung lehrt Folgendes:

1. Verläuft die Reihe 1873 überraschend ähnlich mit der Reihe c, die Explication pag. 86 und 88 ist daher auch hier anwendbar.

2. Die grösste Abweichung beider Reihen tritt im October ein, genau in jenem Monate, wo die Fluthziffer am höchsten ist, wodurch der Mit-Einfluss des Mondes erwiesen erscheint.

Herr Fuchs, der zu seiner Zusammenstellung die Bemerkung macht: „Ein Schluss über die Einwirkung des Mondes auf diese Naturerscheinung kann aus diesen Zahlen nicht gezogen werden", hatte offenbar keine Ahnung davon, wie man auf streng wissenschaftlichem Wege den Einfluss des Mondes zu prüfen hat. Sicher jedoch ist, dass dazu eine reichere Reihe besser geeignet sein wird, als eine zu unvollständige, und dass daher eine solche Prüfung nicht mechanisch überrall versucht werden darf. Ferner muss zugestanden werden, dass die Statistik der Erdbeben, weil wir nicht von allen Gegenden Nachricht erhalten können, unvollständig ist; allein, wenn es ein Gesetz gibt, nach welchem diese Naturerscheinung eine bestimmte Schwankung in der Häufigkeit erleidet, so muss dieses Gesetz auch für einen Bruchtheil der Erdoberfläche zum Ausdruck gelangen, namentlich, sobald der Mangel in der Fläche durch die Länge der Zeit ersetzt wird.

Dieser Grundsatz muss beachtet werden, wenn nicht der persönlichen Willkühr in der Negation Thür und Thor geöffnet werden soll. Man legt heutzutage die Wahrscheinlichkeitsrechnung in ihrer feinsten Ausbildung (Methode der kleinsten Quadrate) allen Zweigen der exacten Naturforschung zu Grunde und Schmidt und Kortum haben sie auch auf die Erdbeben-Beobachtungen angewendet; was hätte dies für einen Sinn, wenn selbst ihre ersten Principien, zu denen jener Grundsatz gehört, von Einigen cum privilegio geläugnet werden dürften?

[10]) Zu Seite 91. Es sind wiederholt Definitionen von dem Begriffe „Vulcanismus" gegeben worden, aber man hat in der Kritik derselben nicht immer die Nominaldefinition von der Realdefinition unterschieden. Die hier gegebene ist eine Real-, der erste Satz im ersten Abschnitte eine Nominaldefinition, die Definition im 9. Absatze V. Abschnitt eine Verbindung von beiden, da die Aussage daselbst in Bezug auf die Ober-

flächenbewegung (im Punkte O) eine „Bezeichnung" und in Bezug auf die unterirdischen Punkte eine „Erklärung" involvirt. Während letztere stets nur die Erklärung des Sprachgebrauches zu geben hat, also keinen Aufschluss über die Natur des Dinges liefert, müssen wir von der ersteren einen Aufschluss über das innere Wesen (die Natur) des Dinges fordern; die eine ist Sprach-, die andere Sach-Erklärung. Durch die erstere wissen wir nur, wovon die Rede ist, durch die letztere erfahren wir aber etwas Neues und daraus erhellt zur Genüge der relative Werth beider. In dem Vortrage: „Ueber Vulkane" bemerkt Prof. C. Vogt (p. 25): „Was wird aus den allgemein angenommonen Definitionen der Vulkane? Hat nicht Alex. von Humboldt gesagt, dass die Vulcanicität die Reaction ist, welche der feuerflüssige Kern unseres Planeten gegen seine erstarrte Aussenrinde ausübt? Hat nicht Leopold von Buch die Vulkane in seiner Definition Canäle genannt, welche eine offene und permanente Verbindung der Atmosphäre mit dem feuerflüssigen Erdkerne herstellen? Gewiss, meine Herren, sind diese Definitionen aufgestellt, allgemein angenommen und überall wiederholt worden, in allen Handbüchern, allen Vorlesungen und vielen Specialschriften. Folgt daraus auch, dass sie richtig sind? Einer der gewissenhaftesten neueren Forscher, der sich das Studium der Vulkane und ganz besonders dasjenige des Vesuvs zur Aufgabe gemacht hat, C. Fuchs, hat neuerdings eine andere Definition gegeben: „Ein Vulkan, sagt er etwa, ist eine beständige oder zeitweise Verbindung zwischen einem vulkanischen (sic) Herde, den dort befindlichen gluthflüssigen Gesteinsmassen, Dämpfen u. s. w. und der Atmosphäre und vulkanische Erscheinungen sind solche, welche unter der uns geognostisch bekannten Erdrinde ihren Ursprung nehmen, sich mit einer gewissen Gewaltsamkeit äussern und mehr oder weniger auffallende Veränderungen an der Erdoberfläche horvorrufen. Bemerken Sie den Unterschied!" ruft nun Prof. Vogt seinen Zuhörern entgegen, als ob er sagen wollte: „Bemerken Sie den Vorzug, welcher der letzteren Definition vor den beiden ersteren zukommt?" Hätte Herrn Prof. Vogt logisch und klar der Unterschied zwischen einer Real- und Nominaldefinition vorgeschwebt, so hätte er merken müssen, dass eine Zusammen-

stellung und kritische Vergleichung der Definition von C. Fuchs mit jenen von Humboldt und Buch einfach sinnlos ist, weil die letztere eine Realdefinition, die von C. Fuchs aber eine Nominaldefinition ist, die gar nichts erklärt, sondern nur bezeichnet; und obendrein, wenn Prof. Vogt richtig citirt hat, noch eine fehlerhafte Nominaldefinition, da der zu definirende Begriff „vulkanisch" in der Definition wieder gebraucht wird. Man halte es ja nicht für Pedanterie unserer Seits, wenn wir auf derlei Verstösse aufmerksam machen. Es geschieht nur mit dem Wunsche, dadurch Controversen zu vereinfachen und unnützes Hin- und Widerreden zu ersparen. Der grosse Nutzen, den rein wissenschaftliche Controversen unstreitig mit sich bringen, wird vereitelt, sobald nicht die nöthige logische Schärfe und Klarheit beiderseits herrscht und wer dagegen sündiget, begibt sich selbst des grössten Vortheils, er müsste denn nicht die Sache, sondern die „Rettung seiner Ansicht um jeden Preis" im Auge haben, wobei denn Sophismen und Trübung der Ideen für den Moment in der That zum Zwecke (logische Uebertölpelung) verhelfen. Doch der Charakter Prof. C. Vogt's ist zu bekannt, als dass man über die Reinheit seiner Intentionen bei Lob und Tadel im Zweifel sein könnte.

[11]) Zu Seite 119. Wie pag. 212 ff. gezeigt wird, lässt sich mit Hilfe des Schallphänomens die Tiefe des Erdbebensitzes bestimmen. Wird in der Formel (15) pag. 214 der Emersionswinkel $e=90^0$, d. h. befindet sich der Beobachter im Oberflächenmittelpunkt, so wird

$$h = \frac{cS}{1-k}$$

oder, wenn $k = 0{,}97716$

$$h = \frac{cS}{0{,}02284}$$

Mit den Werthen, welche man bisher für h bei einigen Erdbeben gefunden hat, und den dazu gehörigen Geschwindigkeiten pag. 215 berechnet sich das S in den Oberflächenmittelpunkten wie folgt:

	Rhein.	Sillein.	Neapel.	Mitt.-Deutsch.	Herzogenrath.
S	1,36	2,91	0,82	0,55	0,71

Es wird sofort klar, dass durch zwei gleichzeitige Beobachtungen, eine in O, eine andere in E, der Werth von k mehr und mehr bestimmt werden könnte, wenn sich der von uns vorläufig angenommene nicht ganz bewähren sollte. Man berechne zuerst h aus der Verbindung der Gleichungen (17) pag. 216 mit (5) pag. 201 und substituire es, sobald ein guter Werth von c vorliegt in

$$k = 1 - \frac{c\,S}{h}$$

Eine Folgerung aus unserer Theorie wäre der Satz: „Je seltener Erdbeben in einem Lande sind, desto tiefer ist ihr Sitz.“ Die bisher gefundenen Tiefenwerthe widersprechen diesem Satze nicht.

[12]) Zu Seite 121. Es ist gewiss höchst merkwürdig, dass auch auf dem Monde genau derselbe Fall wiederholt zutrifft Wo sich zwei Mondspalten (Rillen) unter einem Winkel begegnen, findet sich in der Regel im Vereinigungspunkte ein Krater. So steht der Krater Hyginus genau an der Biegung der gleichnamigen Rille; so der Krater Thebit B genau, wo zwei Rillen zusammenlaufen; so der Krater Silberschlag a nahe dort, wo die Aridäus-Rille mit der Rille Silberschlag zusammentrifft; so der Krater, in welchen die beiden Rillen bei Sosigenes einmünden; so der Krater Campanus A, der im Knotenpunkte der Rillen Hippalus ε und γ Campanus steht. (Auf unserem Titelbilde hat wohl die letztere aber nicht mehr die erstere, unterhalb des untersten Kraters Campanus A laufende Rille Platz gefunden). Wenn Rillen entstehen, wo in der Tiefe eine alte Spalte läuft, wie ich dies in meinem Buche „Grundzüge“ pag. 439 – 444 nachgewiesen habe, dann können sie auch jünger sein, als der Knoten-Krater, ohne der hier hervorgehobenen Thatsache eine andere Erklärung aufzudringen.

[13]) Zu Seite 124. Die hier zu Grunde liegenden Daten sind:

Die Excentricität der Erdbahn im Jahre 1850=0,0167703
Die Abnahme derselben in 100 Jahren=0,00003299
Es kommt für das Jahr 208900 vor Christus
Mondfluth=1,99999954.

[14]) Zu Seite 130. Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, dass die erste Wirkung der Fluthkräfte bezüglich der Atmosphäre darauf hinausläuft, in der heissen Zone, wo eben die Fluth am grössten ist, das Aufsteigen der warmen und dadurch das Abfliessen der kalten Luft von den Polen her zu begünstigen. Dadurch werden kalte und warme Strömungen in Berührung gebracht, was stets Gewitterbildung zur Folge hat. Die kalten Ströme von den Polen schlagen die Wasserdämpfe nieder, daher an Hochfluthtagen nicht selten aussergewöhnliche Schneefälle. Die Prüfung dieser meiner Ansicht ist daher nur im Winter möglich, wo in Europa Gewitter seltener sind. Es scheint, dass der Effect in jenen Jahren am meisten hervortritt, in welchen die Fluth vom December an wächst und ihr Maximum im April oder Mai erreicht. Der Winter und Frühling $187^4/_5$ hat in dieser Beziehung sehr auffallende Beispiele geliefert. Ich habe alle Gewitter, die mir bekannt geworden, zusammengestellt und lasse dieselben hier folgen, nachdem zuvor die Hochfluthtage und der berechnete Fluthwerth namhaft gemacht sind.

Datum	December		Januar		Februar		März		April		Mai	
	9.	23.	7.	21.	6.	20.	7.	22.	6.	20.	5	20.
Fluth	3,0	3,6	3,1	3,1	3,7	3,7	4,1	3,7	4,5	3,1	4,1	2,9

1. Am 10. December 1874 in Kärnten und Krain Gewitter mit Blitzschlägen und allgemein starker Niederschlag. (D. Z. December 1874.)

2. Am 19. December 1874 Abends 8 Uhr bis 20. December Morgens 2 Uhr Gewitter mit seltenen, aber sehr starken Entladungen bei Regen und Hagel in Cilli; später sehr starker, Schneefall. Seit 18. December andauernde starke Schneefälle in den Alpengegenden. („Pr.“ 22. Dec. 1874.)

3. Am 20. December 1874 zwischen 9 und 10 Uhr Abends, während starkem Regen in Pöltschach (Kärnten) drei ziemlich starke Donnerschläge, denen jedesmal ein starkes

Blitzen vorausging. In der Nacht vom 19. auf dem 20. fiel ein beiläufig $^1/_2$ Fuss hoher Schnee („Pr." 22. Dec. 1874.)

4. Am 20. Dec. 1874 Morgens schlug zu Scutari in Albanien der Blitz in den Pulverthurm. Ein Theil der Stadtmauer und viele Häuser sind eingestürzt. Gegen 200 Todte und Verwundete. („Pr." 22. Dec. 1874.)

5 Der allgemeine Witterungsbericht vom 24. Januar 1875 sagt Folgendes: Im Gegensatze zu den Berichten der Vorwoche sind diesmal im Verlaufe der letzten sieben Tage auf dem ganzen europäischen Continente hohe Temperaturen bei sehr niedern Barometerständen zu verzeichnen gewesen. Schon zu Ende der Vorwoche, am 15. d., bildete sich über Schottland eine bedeutende Luftdruck-Depression, und in deren Gefolge traten Stürme im Canal la Manche und an den Nord- und Westküsten Europas auf. Allgemein begann die Atmosphäre in Bewegung zu gerathen, und nachdem am 18. d. eine neuerliche Depression vom Atlantischen Ocean gegen den Continent vorrückte, war der Aufruhr in den luftigen Regionen allgemein. Die See wurde an den Westküsten Europas vom herrschenden Orcane furchtbar bewegt und auf dem Festlande folgten die heftigsten Stürme aus West aufeinander auf, und alle brachten sie über unsere Gegenden hohe Temperaturen, theilweise gleichzeitig Gewitter, überall jedoch entschiedenes Thauwetter; die neuesten Berichte aus dem Westen melden nun schon wieder den allgemeinen Ausgleich in den verschiedenen Barometerständen und der Eintritt der normalen Winterwitterung bei schwachen Winden, hohem Luftdrucke und niederer Temperatur; blos das Mittelmeer, sowie der Süden der Adria sind noch von dem nach dem Osten fortschreitenden Sturm-Centrum theilweise beeinflusst, und herrscht daselbst wie in der Levante seit gestern stürmisches Wetter. (D. Z. 24. Januar 1875.)

6. Aus Marienbad wird der „Pr." (Nummer vom 23. Jan. 1875) de dato 21. Jänner geschrieben: „Heute zwischen 4 und 5 Uhr Nachmittags hatten wir die für die jetzige Jahreszeit etwas seltene Erscheinung eines circa eine Viertelstunde andauernden, sehr heftigen Gewitters; es blitzte und donnerte wie im Hochsommer! Ueber die hiesigen Wälder ziehend, entlud sich das Gewitter theilweise in der Nähe von Marienbad und

verzog sich dann in der Richtung gegen Eger. Während vor dem Gewitter lauwarmes Thautwetter herrschte, sank die Temperatur nach demselben bedeutend unter Null und trat ein schwacher Schneefall ein."

7. Am 9. März Gewitter zu Reitzenhain (Sachsen), Kolberg u. s. w. zum Theil von Hagel begleitet.

8. Am 7., 8. und 9. April heftiger Gewittersturm in Centralfrankreich, Gewitter zu Bregenz, Ischl, Krakau, Wetterleuchten in Wien.

9. Am 7. Mai Abends 8 Uhr Gewitter zu Ischl, Wetterleuchten und Gewitter in Wien. 8. Mai Gewitterregen zu Pest. Am 10. Mai Gewitter zu Bregenz und Ischl. In Erfurt schlug der Blitz Mittags in die Kaserne auf dem Petersberge, betäubte zwei Artilleristen und tödtete einen Mann. In Naumburg war der wolkenbruchartige Regenguss mit grossen Schlossen vermischt, an 300 Fensterscheiben wurden allein im Gebäude des Apellgerichtes eingeschlagen. Die Fluren um Gotha sind von dem Hagelschauer furchtbar beschädiget; die Züge der Thüringer Bahn erlitten bedeutende Verspätungen. In Thüringen wurden alte Bäume entwurzelt, mächtige Felsstücke fortgerissen. Die ganze Bergkette zwischen Eckartsberga und Naumburg war in einen einzigen Wasserfall verwandelt. In Braubach drang das Wasser mit solcher Heftigkeit in die Kellerwohnungen, dass fast sämmtliche Hausthüren aus den Angeln gerissen, die Fenster eingestossen und Wände eingedrückt wurden.

10. Am 19. Mai sind in vielen Gegenden Oesterreich-Ungarns schwere Gewitter niedergegangen. Die N. fr. Pr. berichtet folgendes: „Man schreibt uns aus dem Granthale: Den 19. Mai begaben sich aus dem Dorfe Herrngrund bei Neusohl vier Weiber und ein Mann ins nahe Hochgebirge, um die Waldwiesen zu reinigen. Bei dieser Arbeit wurden sie von einem heftigen Gewitter überrascht, und alle flüchteten sich unter einen dichten Tannenbaum. Kaum waren sie jedoch unter seine schützenden Aeste getreten, da fährt ein Blitzstrahl in den Baum und streckt alle fünf Personen nieder. Zwei Weiber blieben auf der Stelle todt, die zwei anderen wurden an allen Gliedern

gelähmt und schweben zwischen Tod und Leben; der Mann erhielt starke Brandwunden am Arme."

„Am Mittwoch den 19. Mai ging in der Gegend von Kirchschlag und Schönau ein furchtbares Unwetter nieder. Zwischen 3 und 4 Uhr Nachmittags zogen sich in Südwesten heftige Gewitterwolken zusammen, die ihren unheimlichen Inhalt kurz darauf über diesen Gegenden losliessen. Ein heftiger Hagelschlag erfolgte; einzelne Hagelkörner waren grösser als Tauben-Eier, und in solcher Menge fielen die Schlossen, dass man fusshoch in denselben waten konnte. Der durch Kirchschlag fliessende Zöberbach, vergrössert durch den Ungerbach, glich durch mehr als eine Stunde einem fliessenden Erbsenbrei und dampfte wie ein Schwefelbad. Durch den dem Hagelschlag folgenden Wolkenbruch wurden die Feldzäune fortgerissen, das Erdreich abgetragen, und mannshohe Gräben klaffen auf abhängigen Feldern in grosser Menge dem Auge entgegen. Die Saaten, mit Ausnahme des Roggens, der durch den lange liegen gebliebenen Schnee ohnehin sehr gelitten und theilweise, ja fast ganz auswinterte, standen bisher schön und üppig, und Obst zeigte sich viel; Saaten und Obst haben durch das Unwetter sehr gelitten, und es müssen viele Felder ganz frisch bestellt werden. Einem Wirthschaftsbesitzer in Kirchschlag gingen zwei schöne grosse Pferde beim Holzführen in einem Graben zu Grunde, und vieles in den Wäldern aufgeschichtete Holz an Scheitern und Balken wurde von der einherbrausenden Wasserfluth fortgeschwemmt."

Ferner: „Im Ofener Gebirge ging Abends am 19. Mai ein Wolkenbruch nieder, welcher die Thalschluchten und Gräben überschwemmte. Wie ein Augenzeuge meldet, wurde durch die vom Gebirge stürzenden Wassermassen in der Nähe des Ofener Bahnhofes eine Frau in den dortigen Fanggraben gerissen, wo sie in dem reissenden Strome verschwand. Auf dem Schwabenberge nächst der Servitenhütte und bei der Weber'schen Brücke wurde je ein ertrunkenes Pferd und beim rothen Kreuz ein ertrunkener Esel sammt zertrümmertem Wagen gefunden."

Hat sich eine Circulation der Atmosphäre in einer gewissen Richtung öfters regelmässig wiederholt, so mag sie wohl länger anhalten, als die theoretischen Ursachen, welche

sie erzeugten. Es wäre daher nicht undenkbar, dass die auffallend zahlreichen und heftigen Gewitter im Juni und Juli 1875 Nachwirkungen dieser Fluthcirculation seien. Die grosse Mannigfaltigkeit im Gange der theoretischen Fluthwerthe in verschiedenen Jahren liesse auch die Frage, warum kein Jahr dem anderen gleicht, nicht als ein Einwurf zu; obgleich eine Periode im Allgemeinen sich doch herausstellen müsste. Da locale Verhältnisse vielfach störend eingreifen, so könnte man nur aus Beobachtungen, die mindestens Europa umfassen, ein beachtenswerthes Resultat ableiten. Die Periode würde, nach der Fluth-Theorie, nicht 19, sondern 18 Jahren (und 11 Tage) umfassen.

Eine kürzere Periode ist die von mir gefundene Fluthperiode von 4 Jahren*) oder (wenn es etwa zwischen den Wirkungen des Voll- und Neumondes, des auf- und niedersteigenden Knotens einen Unterschied geben sollte,) von dem Doppelten, also von 8 Jahren, in letzterer laufen jedoch die Werthe der Mondnähen nicht mehr parallel. Auffallend ist nun, dass Plinius behauptet, alle 4 Jahre, und noch genauer alle 8 Jahre kehre der allgemeine Witterungscharakter wieder. Ich gehöre nicht zu denjenigen, welche den naturwissenschaftlichen Aussprüchen der Alten eine Bedeutung beilegen, aber sie sammt und sonders zu verwerfen, bloss weil die neueren Beobachtungen nicht ganz übereinstimmen, oder weil wir den Causalnexus nicht einsehen, würde mir oberflächlich scheinen, besonders in Fällen, wo schwache Spuren von causalem Zusammenhange hervortreten. — Wenn wir einen solchen Einfluss von Sonne und Mond auf die Menge der Niederschläge annehmen und die Epochen grösserer Ueberschwemmungen für einen ausgedehnten Zeitraum berechnen, so finden wir nach der Tabelle pag. 126, ohne Rücksicht auf Retardation des Effectes, folgende Epochen

14000	vor	Christus	. . Maximum
9200	„	„	. . Minimum
4000	„	„	. . Maximum
1300	nach	„	. . Minimum
6400	„	„	. . Maximum.

* „Grundzüge“ pag. 502.

Demgemäss müsste die letzte Epoche von grossen Wolkenbrüchen und Gewitterstürmen vor 6000 Jahren eingetreten sein, also ungefähr in jener Zeit, auf welche sich die unter allen Völkern verbreitete „Sintfluth-Sage“ bezieht. Von Christi Geburt bis etwa 5000 nach Christus würde daher im Grossen und Ganzen eine Verminderung der Niederschläge, also eine Wasserabnahme der Flüsse auf der Erde eintreten müssen. Diese Ansicht unterscheidet sich, wie man sieht, von der Temperatur-Theorie Croll's, sowie von der Wasserumsetzungs-Theorie Schmick's, mit welchen sie bezüglich der Zahlen harmonirt, wesentlich durch das Erklärungsprincip, ohne dass sie mit irgend einer physikalischen These in Widerspruch stünde. Ausserdem kann der Einfluss des Standes von Sonne und Mond auf Gewitterbildung und grosse Niederschläge innerhalb kurzer Zeiträume durch directe Beobachtung derart geprüft werden, dass deren Auslegung einer Willkühr weniger unterworfen ist.

[15]) Zu Seite 228. Es sind grossartige Einstürze und Rutschungen wiederholt auf der Erdoberfläche beobachtet worden Im Jahre 1348 stürzte der Berg Dobratsch in Kärnten zur Hälfte ab. Benedictiner-Mönche aus einem benachbarten Kloster beobachteten von einem Fenster des Refectoriums das Phänomen. Erdbeben werden in der Beschreibung desselben ebensowenig erwähnt, als gelegentlich der Mittheilungen über den Bergsturz welche das Dorf Goldau in der Schweiz zu Anfang unseres Jahrhunders verschüttete. Gegenwärtig, während diese Blätter bereits unter der Presse sind, vollzieht sich eine grossartige Rutschung bei Lend an der Salzach (Salzburg). Von Erdbeben ist keine Rede. Man übersehe nicht, dass ein Einsturz oder eine Rutschung unter gleichen Umständen unter der Erde noch geringere Wirkungen hervorbringen muss, während bei Explosionen das Gegentheil eintritt. Wir citiren in letzterer Beziehungen ebenfalls aus den jüngsten Tagen einen Fall, wörtlich aus der „N. Fr. Pr.“ vom 12 Juni 1875: „Die New-Yorker“ Zeitungen enthalten spaltenlange Berichte über die Explosion einer Sodawasser-Fontaine in einer Apotheke in Boston, wodurch sechs Personen getödtet und viele verwundet wurden. Die Explosion entstand in einem Gebäude an der Ecke der Washington- und Lagrange-Street um etwa

6 Uhr Abends, zu welcher Zeit der Verkehr am lebhaftesten war. In dem Augenblicke, als mehrere Personen an der Fontaine tranken, explodirte plötzlich etwas unterhalb mit einem Geräusch, wie das eines gedämpften Kanonenschusses. Unmittelbar darauf wurde das Gebäude in die Höhe gehoben und fiel dann mit furchtbarem Gekrach unter den Hilferufen und dem Kreischen vieler Menschen nieder. Die Wirkung war furchtbar; der Erdboden wurde auf einige Entfernung hin wie durch ein Erdbeben erschüttert, allenthalben zerbrachen Fensterscheiben, und die Uhren blieben stehen. Eine mit Damen gefüllte Droschke stürzte um, und die Insassen fielen heraus. In dem Momente der Explosion wurde keine Flamme wahrgenommen, aber kurze Zeit darauf war der Platz mit Staub, Rauch und umherfliegenden Trümmern gefüllt. Die Feuerwehr wurde allarmirt und erschien bald an Ort und Stelle, um nach den unglücklichen Insassen des Hauses zu forschen. Zehn wurden bald geborgen, von denen sechs todt und die anderen mehr oder weniger schwer verletzt waren. Man glaubt, dass die Explosion durch Gas verursacht wurde, aber wie sie so heftig werden konnte, ist noch nicht ganz festgestellt. Das Gebäude war ein massives." Bei einem Sturze geht der directe Stoss nach abwärts, bei einer Explosion nach allen Seiten.

[16]) Zu Seite 230. Wie innig warme Quellen mit dem Vulcanismus in seiner engsten Bedeutung zusammenhängen, wie schwach und gezwungen jede Erklärung derselben erscheint, welche die Rolle der Lava dabei ausschliesst, brauche ich hier nicht näher zu erörtern. Die Geysirphänomene in Island, am Yellowstonelake, und in Auckland sprechen mit grösserer Beredtsamkeit.

Wir wollen nur zur Ergänzung noch die gelegentlich der französischen Expedition zur Beobachtung des Venusdurchganges 1874 durch Charles Vilain gemachten Beobachtungen auf der Insel St. Paul hinzufügen.

„Die Insel ist Nichts, als ein Krater von 1200—1300 Meter im Durchmesser; an der einen Seite gestattet ein tiefer Einbruch dem Meere in das Innere des Kraters zu dringen und eine grosse See zu bilden. Herrn Vilain zu Folge gehören die vulkanischen Phänomene, welche St. Paul erzeugten, drei vollkommen verschiedenen Perioden an. In die ersten verlegt er

die sauren und salpetrigen Eruptivproducte, bestehend aus bimssteinigen Tuffen, Bimstein und Obsidian, welchen besondere trachytische Gesteine folgten. Der zweiten Periode gehört die gegenwärtige Form und Gestalt des Vulkans an, sowie die kristallinischen und basischen Produkte als Dolerite, Basalte und Laven. In der dritten Periode, welche der gegenwärtigen entspricht, haben sich eigenthümliche, Geysirartige Phänomene entwickelt, womit beträchtliche Ablagerungen von Kieselerde und starke Veränderungen der früheren Gesteine im Zusammenhange stehen. Die Geysirphänomene, anfänglich sehr intensiv, haben sich allmälig abgeschwächt und werden jetzt nur mehr durch Thermalquellen und Gasentwicklungen dargestellt, die man besonders im Norden des Kraters beobachtet. Die Temperatur der Bodenoberfläche beträgt dort 51° C. und jene des Wassers 71° C.; ein in den Boden versenktes Thermometer stieg auf 85° C. Diese Wärmeerscheinungen treten noch viel intensiver am Grunde des Kraters auf. Dort entwickeln sich reichliche Dämpfe, begleitet von der Bildung einer grossen Menge gallertartiger Kieselerde. An der Bodenfläche zeigt das Thermometer 104° C., doch ist diese Temperatur nicht constant, sie kann bis 218° steigen. Die aufsteigenden Gase bestehen vorzüglich aus Kohlensäure, Stickstoff und Wasserdampf." („Ausland.")

[17]) Zu Seite 238. „sobald die fluthende Masse durch ihre grosse Dichte auf dem ganzen Planeten in labilem Gleichgewichte ist" In diesen Zeilen, welche genau so bereits 1872 gedruckt wurden, liegt die ganze Kritik der Schmick'schen „Theorie von der Umsetzung der Meere". Ich habe bereits in einem Briefe an Dr. Hermann J. Klein vom nämlichen Jahre dieses Laplace'sche Theorem meinem Urtheile über jene Hypothese zu Grunde gelegt, also drei Jahre bevor Prof. Peschel und Prof. Veltmann, letzterer genau in demselben Sinne, ihre Stimme erhoben. Anderseits gereicht es mir wieder zu besonderer Befriedigung, die Schmick'sche Theorie auf eine Insel zu retten, welche ihrem Urheber ganz entgangen zu sein scheint. Es ist dies jene Periode der Erdgeschichte, in welcher unser Planet noch heissflüssig war, die fluthende Masse also die Dichte der Erdmasse besass und daher, nach Laplace, in labilem Gleichgewichte stand. Wenn

dann zugleich die Abkühlung der zähen Masse fortschreitet, so ist es wohl möglich, dass ein Ausgleich nicht mehr stattfindet und die definitive Erstarrung der ganzen Oberfläche in einer Epoche eintritt, in welcher ein merklicher Gegensatz der Fluthöhe beider Hemisphären vorherrscht, welcher durch die Erstarrung fixirt wird. Wir können demnach eine „Hemisphäre der Ebbe“ und eine „Hemisphäre der Fluth“ unterscheiden. Bildet sich auf einem solchen Himmelskörper später eine Wasserdecke, so muss selbst dann, wenn diese anfänglich die ganze Oberfläche bedeckt haben sollte, im Laufe des seculären Verschwindens der Wassermasse*) diese vorzugsweise sich in jener Hemisphäre sammeln, welche das tiefere Niveau besitzt, also auf der „Hemisphäre der Ebbe“. Von einer Umsetzung des Wassers aber kann dann keine Rede mehr sein. Die Schmick'sche Theorie erklärt uns sonach in dieser Modification sehr wohl die einseitige Vertheilung der Wassermasse auf der Erde, aber nur indirect, direct jedoch „das Gesicht des Mondes“.

[18]) Zu Seite 242. Die Aenderung der Rotations-Geschwindigkeit der Erde, welche wir als Wirkung der Gezeiten, und demnach als eine continuirliche Abnahme der Winkelgeschwindigkeit auffassen, ist von der hier erörterten wohl zu unterscheiden. Um unsere Leser in den Stand zu setzen, die höchst interessante Frage der neuesten Zeit zu überblicken, geben wir hier zwei Artikel des „Naturforscher“ wieder.

*) Man gibt sich einer argen Täuschung hin, wenn man glaubt, die Summe aller Gewässer der Erdoberfläche sei stets constant gewesen und bleibe es auch in aller Zukunft. Constant bleiben nur die Elemente aber nicht ihre Verbindungen. Der tiefe Schoss der Erde entzieht uns jährlich eine gewisse Summe Wassers, die er nicht vollständig wieder zurückgibt. Das Endresultat wird sein, dass die Erde nach vielen Jahrmillionen wie ein Schwamm ihren sämmtlichen aus vergangenen Zeiten übernommenen Wasserrest verschlungen in sich trägt. Auf dem Monde ist diese Epoche bereits eingetreten, ein Vorsprung, der eben nur durch diese Ansicht über das Verschwinden seines Wassers erklärt werden kann, denn durch Verdunstung, die allerdings auf dem Monde stets viel bedeutender war, wird der Oberfläche auf die Dauer kein Wasser entzogen, weil das verdunstete Quantum vollinhaltlich wieder niedergeschlagen wird. (Vergl. Abs. 16 pag. 240.)

a) Ueber eine periodische Veränderung der Erdrotation.

Der Vergleich der wirklichen Mondbewegung mit der sehr ausgebildeten Theorie dieser Bewegung hat bekanntlich bereits dazu geführt, eine sehr kleine fortschreitende Verlangsamung der Erdumdrehung als Mitursache der fehlenden Uebereinstimmung zwischen der Berechnung und Beobachtung der Mondorte zu erkennen. Im Nachstehenden werden wir eine andere Ungleichmässigkeit der Erdrotation kennen lernen, auf deren Annahme man gleichfalls durch die Mondbewegung geführt worden.

Herr Simon Newcomb hatte in seiner schon früher veröffentlichten Arbeit die Aufmerksamkeit darauf gelenkt, „dass scheinbare Ungleichheiten von langer Periode in der Bewegung des Mondes existiren, welche nicht erklärt werden konnten durch die Gravitation der bekannten Körper des Sonnensystems, und hatte geäussert, dass sie auf eine der nachstehenden drei Arten erklärt werden müssen: entweder 1. existiren Ungleichmässigkeiten in der Bewegung des Mondes, die von der Gravitation der Sonne und Planeten herrühren, welche bisher der mathematischen Berechnung entgangen sind; oder 2. die Bewegung des Mondes wird beeinflusst durch die Wirkung einiger anderer Kräfte als der der Gravitation; oder 3. die Zeit der Umdrehung der Erde um ihre Axe, und also die Länge des Sterntages, unterliegt unregelmässigen Schwankungen von langer Periode. Von diesen drei Hypothesen war die zweite als unwahrscheinlich erwiesen, weil solche Kräfte viel eher entweder regelmässige Ungleichheiten von kurzer Periode erzeugen würden, oder fortschreitende seculäre Veränderungen, anstatt der sehr langsamen und unregelmässigen Aenderungen, die wirklich beobachtet worden. Wenn daher die erste Hypothese ausgeschlossen würde, müssten wir auf die dritte als wahrscheinlichste Erklärung zurückkommen.

Die Untersuchung der ersten Hypothese ist ein rein mathematischer Process, der theoretisch die Durchführung in jedem beliebigen Grade von Schärfe gestattet. Seit der Publicirung der fraglichen Abhandlung bin ich mit dieser Untersuchung beschäftigt gewesen, und obwohl der Drang anderer Arbeiten ihre Vollendung verhindert, ist sie doch soweit vor-

gerückt, dass es ganz unwahrscheinlich ist, dass irgend welche andere Ungleichheiten von langer Periode in der Bewegung des Mondes vorhanden sind, die erzeugt werden durch die Gravitation der Planeten, als die von der Wirkung der Venus veranlasste, die Hansen entdeckt hat Nehmen wir vorläufig dieses Resultat als correct an, und dass die Gravitation der bekannten Körper unseres Sonnensystems die beobachteten Ungleichheiten langer Periode nicht erzeugen kann, so sind wir gezwungen, die Hypothese von der Veränderlichkeit des siderischen Tages als vorläufige Theorie anzunehmen. Gleichzeitig kann sie, so lange wir keinen unabhängigen Beweis einer solchen Veränderlichkeit besitzen, nicht als festgestellte Thatsache angenommen werden. Es wurde daher sehr wünschenswerth, irgend einen unabhängigen Beweis von der Unveränderlichkeit des siderischen Tages zu finden. In der erwähnten Abhandlung war bemerkt worden, dass Beobachtungen der inneren Planeten, besonders Vorübergänge einen solchen Beweis liefern könnten. Aber seitdem bin ich auf den Gedanken gekommen, dass die Finsternisse des ersten Jupitermondes einen noch besseren und entschiedeneren Beweis liefern könnten. Die definitive und erschöpfende Anwendung dieses Beweises würde nothwendig machen die vollständige Wiederuntersuchung sowohl der Theorie als der Beobachtungen der Jupitermonde, eine Arbeit, für welche ich manches Material gesammelt, die ich aber noch nicht im Stande war, anzufangen.

Ein Umstand jedoch macht die befriedigende Anwendung des Beweises sehr leicht. Giebt man zu, dass die Ungleichheiten wirklich erklärt werden können durch Aenderungen in der Rotation der Erde, so trat die auffallendste und plötzlichste Aenderung, von der wir Kenntniss haben, um das Jahr 1860 ein. Die Geschwindigkeit der Rotation, welche für die zehn oder zwanzig vorhergehenden Jahre eher langsamer war als im Durchschnitt, wurde dann plötzlich beschleunigt, so dass sie einen folgenden Ueberschuss von vielleicht einer Secunde auf's Jahr veranlasste, der mindestens bis 1872 sich fortsetzte. Als ich nun alle zugänglichen Beobachtungen von Jupiters erstem Monde von 1850 bis 1871 sammelte, schien zwar eine ähnliche Aenderung durch sie angezeigt zu sein, aber sie war nur halb so gross,

als die vom Monde angezeigte und nicht grösser, als ihr wahrscheinlicher Fehler; so dass das Resultat in keinem besonderen Grade die Wahrscheinlichkeit der Hypothese berührte.

Letzten Sommer erfuhr ich, dass Herr Glasenapp vom Observatorium in Pulkowa mit einer ausführlichen Untersuchung der neuen Beobachtungen der Jupitermonde beschäftigt ist; und da es wünschenswerth schien, dass die vorgeschlagene Prüfung der Hypothese von einem Anderen vorgenommen wurde, forderte ich Herrn Glasenapp auf, zu versuchen, ob die Zeiten der Verfinsterung des ersten Mondes besser dargestellt würden, wenn sie corrigirt werden nach den hypothetischen Aenderungen der Erdrotation. Unter der Annahme, dass die Erde correct gewesen in den Epochen 1840 und 1870, würden wir die Erdzeit zu langsam haben um die folgenden Grössen in den nachstehenden Epochen:

Jahr	s.	Jahr	s.	Jahr	s.
1850.5	+ 2	1862.5	+ 11	1868.5	+ 2
1855.5	+ 5	1864.5	+ 10	1870.5	0.
1860.5	+ 10	1866.5	+ 6	1872.5	− 2"*)

Herr Glasenapp hat eben seine Abhandlung in russischer Sprache veröffentlicht, und den Schluss derselben dieser Untersuchung gewidmet. Er hat einen ausführlichen Bericht seiner Untersuchung eingesendet, den Herr Newcomb nur mit Auslassung der citirten Originalbeobachtungen wiedergiebt. In derselben ist die vorgeschlagene Correction nach zwei Methoden untersucht, und Herr Glasenapp kommt zu dem Schlusse: „Es scheint mir, dass wir volles Recht haben, Ihrer merkwürdigen Hypothese über die Veränderlichkeit der Erdrotation Realität zuzuschreiben."

Herr Newcomb hält gleichwohl die Sache nicht für so ausgemacht. „Die zu prüfende Hypothese ist nicht einfach,

*) Ich glaube hier darauf hinweisen zu müssen, dass nach Schönfeld's Untersuchungen der veränderliche Stern Algol zwischen 1856 und 1865 eine Verlängerung seiner Periode zeigt und dass dieselbe nach meinen Rechnungen sehr nahe mit dem Gange und Betrage der obigen Zahlen übereinstimmt, also möglicherweise das Spiegelbild der Rotations-Aenderung ist, was eine weitere Bestätigung jener Vermuthung liefern würde. F.

ob die Rotation der Erde veränderlich ist, sondern dass die restirenden Fehler in dem Orte des Mondes von dieser Veränderlichkeit herrühren. Die Hypothese kann nur wahrscheinlicher gemacht werden, wenn man zeigt, dass die Finsternisse der Jupitermonde besser repräsentirt sind, wenn die hypothetischen Correctionen angebracht werden, als wenn dies nicht geschieht. Durch ein unglückliches Zusammentreffen von Irrthümern der Theorie oder der Beobachtung scheinen nun die Resultate von den Jupitermonden genau in die Mitte zu fallen zwischen den beiden Hypothesen: 1. von dem unveränderlichen siderischen Tage, 2. von einem solchen veränderlichen siderischen Tage, wie er die scheinbaren Fehler der Mondtheorie erklären würde; sie lassen somit die Frage unentschieden.

Es entsteht nun aber die Frage, ob die Correctionen der Erdzeit, welche eben angeführt worden, die einzigen sind, welche die Bewegung des Mondes repräsentiren werden. Hierzu bemerke ich, dass ein zweifelhafter Ausdruck von langer Periode in Hansen's Mondtafeln enthalten ist, den ich nicht ausgenommen habe, als ich den Vergleich machte, auf welchen die obige Correction basirt ist. Dieser Ausdruck ist derjenige, welcher abhängt von der Länge des Mondknotens, die Hansen mehr als eine Secunde grösser gefunden als Airy und Andere aus den Beobachtungen. Ich werde daher die übrig bleibenden mittleren Fehler in der Mondtheorie bestimmen... Von den zehn Resten (den Differenzen zwischen Beobachtung und Rechnung) werden alle mit Ausnahme eines einzigen verringert durch die Anbringung der hypothetischen Correctionen. Obwohl nun die Beobachtungen zu unsicher und die Reste zu unregelmässig sind, um dieses Resultat als einen Beweis für die Hypothese anzusehen, so scheint es mir doch dieselbe werth zu machen, aufgenommen zu werden als eine solche, welche beim jetzigen Stande unseres Wissens die wahrscheinlichste Erklärung ist für die übrig bleibenden Unterschiede langer Periode, zwischen der theoretischen und beoachteten Länge des Mondes." (American Journal of Science, Ser. 3, Vol. VIII, No. 45, Sept. 1874, p. 161.)

b) Veränderungen der Polhöhen.

Unter Polhöhe versteht man in der Astronomie den Winkel, welchen die durch die Wasserwaage im Meridian ange-

gebene Horizontallinie mit der Richtung der Umdrehungsaxe der Erde macht. Dieser Winkel kann nun für einen bestimmten Punkt der Erdoberfläche in zweierlei Weise sich ändern; entweder dadurch, dass die Umdrehungsaxe innerhalb der Erde selbst ihre Lage wechselt, oder dadurch, dass die Richtung der Lothlinie sich ändert. Unter der Annahme, dass die Erde ein fester Körper ist, hat nun Euler bewiesen, dass eine Veränderung von der ersten Art stattfinden muss, wenn ihre Umdrehungsaxe nicht genau mit der, dem grössten Trägheitsmomente entsprechenden Axe zusammenfällt, und zwar in der Weise, dass das Ende der Umdrehungsaxe um das Ende der Trägheitsaxe im Laufe von ungefähr 10 Monaten einen ganzen Kreis auf der Erdoberfläche beschreiben muss; die Polhöhe eines jeden Ortes würde dann in dieser Zeit ein Maximum und ein Minimum haben.*) — Eine Veränderung von der anderen Art müsste sich dann zeigen, wenn eine Hebung oder Senkung der Erdoberfläche an dem fraglichen Ort stattfände, oder wenn durch Massenverschieben im Innern der Erde die locale Attraction ihre Richtung verändert. Während die aus der ersten Ursache herrührenden Veränderungen sich überall auf der Erde zeigen müssten, würden dagegen die anderen nur in einzelnen Gegenden wahrzunehmen sein, wenn sie nicht bedeutend genug wären, um auch auf die Lage der Umdrehungsaxe einen Einfluss zu üben. Aufgabe der messenden Astronomie ist es, die Existenz solcher Aenderungen und die Grösse derselben nachzuweisen.

Auf der Sternwarte zu Pulkowa sind nun zu drei verschiedenen Epochen sehr sorgfältige Messungen der Polhöhe ausgeführt worden, und zwar von Herrn Peters in den Jahren 1842 und 1843, von Herrn Gyldén zwischen den Jahren 1863 und 1870 und von Herrn Magnus Nyrén von Juni 1871 bis Mai 1873. Aus der Discussion dieser Beobachtungen gelangt Herr Nyrén zu folgenden Werthen für die Polhöhe von Pulkowa:

Epoche	1843 =	59° 56″	18″.727 ± 0″.013
„	1866		18″.654 ± 0″.014
„	1872.5		18″.501 ± 0″.014,

*) Hier möchte ich wieder hervorheben, dass E. Fergola in seiner interessanten Abhandlung: „Sulla posizione dell'

welche Werthe einen ganz ausgesprochenen abnehmenden Gang zeigen. Aehnliche Verkleinerungen der Polhöhen sind schon früher für andere Orte angegeben, so für Greenwich von 1836 bis 1860 um 0″.51, für Washington von 1845 bis 1864 um 0″.47, für Paris zwischen 1825 und 1854 um 1″.8, für Mailand von 1811 bis 1871 um 0″.51, für Rom von 1807 bis 1866 um 0″.17, für Neapel von 1820 bis 1871 um 1″.22 und für Königsberg von 1820 bis 1843 um 0″.15.

„Von diesen Zahlen darf man wohl mehrere als nicht sehr zuverlässig betrachten, hauptsächlich, weil bei älteren Bestimmungen die angewandten Instrumente nur ausnahmsweise einer sorgfältigen Untersuchung unterworfen wurden. Sehr merkwürdig bleibt doch immerhin diese allgemeine Andeutung einer Abnahme, wonach das Phänomen von etwas Anderem als einer localen Massenverstellung im Innern der Erde herzurühren scheint. Auf dieselbe Ursache wird man möglicherweise auch die Erscheinung zurückführen müssen, die man in Schweden und Norddeutschland längst wahrgenommen hat, dass nämlich eine relative Höhenveränderung zwischen der Ostsee und den angrenzenden Küsten stattfindet, und zwar in der Weise, dass die Küste am Bottnischen Meerbusen sich hebt und an dem südlichen Theile der See, sowohl in Schweden als in Deutschland, sinkt. Diese Wahrnehmung würde vollkommen übereinstimmen mit einer allgemeinen Abnahme der Polhöhe in diesen Gegenden."

Ueber die oben angegebene erste Art der Veränderung der Polhöhe, die er gleichfalls aus den vorliegenden Pulkowaer Beobachtungen berechnet, kommt Herr Nyrén zu folgendem Resultat: „Wenn auf die Frage über die zehnmonatliche Periode in der Polhöhe hier auch keine befriedigende Antwort gefunden wurde, so ist man dadurch doch nicht zu dem Schlusse berechtigt, dass man aus Beobachtungen mit dem hiesigen Verticalkreise kein darüber entscheidendes Resultat erlangen kann. In Betracht der Kleinheit des wahrscheinlichen Fehlers einer

asse di rotazione della terra rispetto all' asse di figura". Napoli 1874 — zum Resultate gelangt, dass beide Achsen nicht zusammenfallen, sondern einen Winkel von 1° 8′4 bilden. F.

Beobachtung scheint mir im Gegentheil eine durch viele Jahre und zu allen Jahreszeiten fortgesetzte Reihe eine definitive Antwort hierauf geben zu müssen.“ (Memoires de l'Academie impériale de St. Petersbourg, VII. Serie, Tome XIX, No. 10.)

[19]) Zu Seite 244. Einen Umstand, der unseres Wissens in den Erörterungen über den Plutonismus und Vulcanismus noch keine Beachtung gefunden hat, können wir nicht genug betonen. Es ist dies die Verminderung der Dichte und die Zunahme des Volumens einer flüssigen Masse, welche aus der Tiefe auf die Oberfläche der Erde gelangt, in Folge der bedeutenden Verminderung des Druckes. Wer mit Ziffern zu forschen gewohnt ist, wird eine weitere Bemerkung überflüssig finden. Demjenigen Theile unserer Leser, der sich lieber an empirische Beispiele hält, gerecht zu werden, wollen wir folgende Thatsache zur Beachtung empfehlen. Eine Lavamasse birgt, so lange sie sich in gewisser Tiefe unter dem Drucke der überlagernden Schichten und Dämpfe befindet, verschiedene Gase in sich und muss sich ausserdem durch ihre hohe Temperatur unter dem gegebenen Drucke in gewisser Spannung befinden. Diese Spannkraft wird ausgelöst nach Maassgabe der Druckverminderung. Berücksichtigen wir nur die Spannung der Gase. Puillet fand, dass das Gas in den Schwimmblasen von Fischen, die aus einer Tiefe von etwa 3300 Fuss, wo der Druck ungefähr 100 Atmosphären beträgt, herausgeholt wurden, so bedeutend im Volum zunimmt, dass alle Muskelanstrengungen unfähig waren, es zu beschränken. Es trieb die Blase, den Magen und andere benachbarte Theile in der Gestalt einer ballonartigen Masse zum Schlunde hinaus. Man kann sonach ermessen, nicht nur, welche Expansivkraft die Lava in der Tiefe von 7 Meilen besitzt, sondern auch, welche Actionen in ihr eintreten müssen, sobald sie bis auf eine Tiefe von etwa 2 Meilen emporgedrungen ist. In jener Expansivkraft und in diesen Actionen liegt, nach unserer Theorie, das Wesen des Vulcanismus. Es fliesst aber daraus noch eine andere, sehr zu beachtende Folgerung. Wenn auf der ganzen Erde noch fortdauernd Eruptionen unter der Oberfläche stattfinden, so läuft die Wirkung des Vulcanismus im Grossen darauf hinaus, Massen, die in der Tiefe unter grösserem Drucke lagern, in die Höhe zu befördern, wo

sie sich langsam ausdehnen, daher die überlagernden festen Schichten langsam heben müssen. Eine solche seculäre Hebung der Oberfläche wird daher vorzüglich in Ländern zu suchen sein, wo viele Erdbeben oder vulkanische Eruptionen vorkommen.

[20]) Zu Seite 246. Bei der Erforschung des Zusammenhanges zwischen Häufigkeit der Polarlichter und der theoretischen Fluthperioden wird man gleichfalls jede rohe Confrontirung zu vermeiden haben und das Hauptaugenmerk vorzüglich auf die grossartigsten Erscheinungen richten. Eine damit auf das engste zusammenhängende Untersuchung ist jene über den Einfluss einer totalen Sonnen- oder Mondesfinsterniss auf die Magnetnadel. Man würde gut thun, diese Beobachtung an verschiedenen Stationen gerade bei einer solchen Finsterniss zu machen, wo der theoretische Fluthwerth ein sehr hoher ist. Ob die Störung schon einige Stunden früher, oder erst mit Beginn der Finsterniss eintritt, ist entscheidend für oder gegen unsere Ansicht über die Art des Zusammenhanges zwischen Polarlichtern und den inneren Hochfluthen.

[21]) Zu Seite 250. Man kann nun auch einzelne, besonders hervorragende Erdbeben oder vulkanische Ausbrüche für die Untersuchung herausheben und den Tag ihres Eintrittes T durch einen mathematischen Ausdruck darstellen, in welchem die einzelnen Glieder Fluthperioden bezeichnen. So hätte man z. B. für das Jahr 1875 folgende Erschütterungen

1) Januar 2. Ausbruch am Vulkane Votna Jökul.
2) Februar 12. Starkes Erdbeben in Mexico.
3) März 10. Ausbruch des Vulkanes Herdubreid.
4) „ 17. Verbreitetes Erdbeben in Oberitalien.
5) „ 28. Starkes Erdbeben auf Lifu.
6) „ 29. Eruption des Herdubreid.
7) April 4. Desgleichen.
8) „ 9. Heftiges Erdbeben in Truxillo (Peru).
9) „ 28. Erdbeben in Kyparissa und See-Beben in 9°S und 14° W. G.
10) Mai 3. Erdbeben in Ischikli.

11) Mai 11. Heftiges Erdbeben in Kleinasien.
12) „ 18. Grosses Erdbeben in Columbia.
13) Juni 18. Starkes Erdbeben in Ohio.
14) Juli 26. Heftiges Erdbeben in Konstantinopel.

Die hier bezeichneten Tage lassen sich durch folgende Formeln ausdrücken, worin B' das theoretische Maximum der Periode B und die übrigen Buchstaben die pag. 247 angegebene Bedeutung haben.

I.	II.
1. $T = B' - 3C - D - 5E$	3. $T = B' - C - 3E$
2. $T = B' - 2C + 6E$	4. $T = B' - C + D - 5E$
5. $T = B' - D + 6E$	7. $T = B' - 2E$
6. $T = B' - D + 7E$	8. $T = B' + 3E$
9. $T = B' + D + 8E$	10. $T = B' + C - 2E$
11. $T = B' + C + 6E$	12. $T = B' + C + D - 2E$
14. $T = B' + 3C + D + 8E$	13. $T = B' + 2C + D - E$

Da nun offenbar ein Erdbeben desto besser mit unserer Theorie stimmt, je kleiner in diesen Gleichungen die Coeficienten, namentlich der ersten Glieder, sind, so werden die hier unter I angereihten Beben als schlecht, die unter II als gut stimmend bezeichnet werden müssen. Das schlechteste ist Nr. 1, das beste Nr. 7. Eine grosse Zahl solcher Darstellungen würde manches Interessante erkennen lassen. Es ergibt sich nun, wenn man pag. 89, 104, 126, 269 und diese Tabelle vergleicht, die Mannigfaltigkeit der Mittel, welche für die Untersuchung über den Einfluss von Sonne und Mond zu Gebote stehen. In der Naturforschung muss unser Bestreben dahin gehen, hypothetische Beziehungen der Thatsachen durch Formeln auszudrücken, deren Construction und Deutung jede Willkür ausschliesst; denn dadurch wird der Ueberblick erleichtert, und die Möglichkeit, ein verborgenes Gesetz zu finden, näher gerückt.

Nachtrag.

Erst in den letzten Stunden vor Abschluss dieses Werkes ist mir Mallet's Abhandlung: „Ueber vulkanische Kraft", übersetzt von Prof. v. Lasaulx, in die Hände gekommen. Ich fand keine Uebereinstimmung mit meinen Ansichten, ausgenommen jene, dass eine fortdauernde kosmische Ausstrahlung bei der Erde vorhanden ist und die Widerlegung der Ansicht von Thomson über die Art der einstigen Erstarrung. p. 26, welche aber auch so congruent mit der meinigen p. 168 ff. erscheint, dass man glauben könnte, ich hätte sie von Mallet abgeschrieben. Allein eine streng logische Folgerung aus den Principien der Physik muss, von wem immer gemacht, identische Resultate geben. Eine weitere Uebereinstimmung zwischen uns findet sich in der Ansicht, dass Meeresboden und Continent durch die erste Erstarrung bedingt und kein Resultat späteren Wasserwechsels ist. Doch ist das Wichtigste davon, und die Details, welche sich bereits in meinem Buche „Grundzüge zu einer Theorie der Erdbeben und Vulcanausbrüche" Graz 1869 finden, Mallet entgangen. Ich kann die Priorität jener Anschauungen und Beweise für das, was Dohrn das Gestaltungsgesetz der Continente nennt, leicht nachweisen, obgleich die höchst wichtigen, dort citirten Thatsachen und Folgerungen den Herrn „Fachmännern" nicht bekannt geworden zu sein scheinen. Was mir aber gegen die Ansichten Mallet's über den Ursprung des Vulcanismus zu sprechen scheint, ist Folgendes:

1. Wenn die durch die seculäre Abkühlung der Erdschichten bewirkte Contraction und gegenseitige Zermalmung die Lava erzeugt, dann müsste das, was eben Mallet leugnet,

nämlich das Vorhandensein von Lavabecken in den grössten Tiefen als nothwendige Folge erscheinen, indem ja gerade in diesen Tiefen gegenwärtig der Wärmeverlust, daher auch die Contraction grösser ist, als in jenen Regionen, welche man als die Tiefe eines individuellen Vulkanes anzugeben pflegt.

2 Die Zahl der Gebirgsketten auf der Erde entspricht nicht der Zahl der Faltungen, welche ein so grosser abkühlender Körper an seiner Oberfläche nach den experimentellen Analogien, auf welche ja Mallet einen so ausserordentlichen Werth legt, zeigen müsste, um so weniger, als nicht blos die sedimentäre Oberfläche, die ja keine Eigenwärme zu verlieren hat, sondern in viel höherem Grade die tiefer liegenden Schichten, und zwar jede, solche Faltungen erhalten haben müsste, welche wieder die überlagernden sedimentären Bruchstücke auseinander schieben und so ein ganzes Netzwerk von Gebirgen gleichmässig über alle Continente verzweigen würde, was den Beobachtungen keineswegs entspricht.

3. Faltungen und Spalten, welche Mallet durch ein und dasselbe Princip zu erklären vermeint, haben genau entgegengesetzten Ursprung. Eine Falte bekundet, dass die Oberfläche zu gross, ein Spalte, dass sie zu klein war, um sich der Unterlage anzuschmiegen. Wo eine Falte sich zeigt, da ist kein Raum für eine offene Spalte.

4. Da die Einschrumpfung des Kernes fortdauert, und demgemäss der Faltungsprocess immer grössere und zahlreichere Theile ergreift, die durch Druck geschmolzen werden, so müsste der Vulcanismus auf der Erde in Zunahme und ausserdem jedes Gebirge im Aufsteigen begriffen sein; was den auch von Mallet zugestandenen Thatsachen widerspricht.

5. Ist die Abkühlung des Kernes beendet, so müsste, da keine weitere Lavaerzeugung stattfindet, der vorhandene Rest bald ausgeworfen oder abgekühlt sein, und der Vulcanismus wäre beendet.

6. Die grössten vulkanischen Gebirgsketten müssten in einem geschlossenen Gürtel um den Aequator laufen, da ja Mallet selbst zugesteht, dass in dieser Zone die Abkühlung zuletzt eintrat und die Contraction

am bedeutendsten sein musste; ausserdem begünstigt auch noch die Rotation eine solche Schollenstauung in dieser Zone. Dem entgegen finden wir die grösste vulkanische Kette fast genau senkrecht auf den Aequator und im Himalaya kaum eine Spur von Vulkanen.

7. Die Vulkane im Monde sind viel zahlreicher als auf der Erde und doch ist die Anzahl der Gebirgsfaltungen dort noch geringer, als auf unserem Planeten. Gebirgsketten können daher nicht die Ursache, wohl aber unter günstigen Umständen die Folge des Vulcanismus sein.

8. Mallet müsste der gegenwärtig bereits im Keime begonnenen vulcanischen Thätigkeit der Sonne im Momente der Bildung ihrer ersten Kruste Halt gebieten, um für seinen Falten-Vulcanismus Raum zu bekommen.

9. „Wir können blos der Erscheinung nach die meisten Erdbeben nicht mit vulkanischen Wirkungen in Verbindung setzen, insofern gerade bei den gewaltigsten keine localen Veränderungen der Oberflächen-Temperatur der Erde erkannt werden können". Wie sollte eine kleine Lavamasse, welche hauptsächlich nur durch ihren explosiven Durchbruch die Grösse der Erschütterung bewirkte, durch eine Erdschichte von 5—7 g. Meilen Dicke noch einen Einfluss auf die Temperatur der Oberfläche haben, da ja selbst beim Austreten der Lava an Vulkanen die Temperatur-Aenderung der Oberfläche sich auf äusserst kleine Strecken in der Nachbarschaft der Lava beschränkt.

10. „Wenn wir so eine wirkliche und ausreichende Ursache entdeckt haben, aus der sich eine grosse locale Erhöhung der Temperatur in der festen Erdrinde herleiten läst, so ergibt sich, dass wir in der That auch die Ursache und Natur vulkanischer Thätigkeit gefunden haben". Keineswegs! Der Beweiss, dass etwas so sein könnte, ist noch kein Beweis, dass es auch so ist.

11. Mallet läugnet die Existenz von vulkanischen Schloten und Becken in grosser Tiefe, und doch sagt er pag. 60 ganz richtig: „Wir müssen aber annehmen, dass die feste Erdrinde, wie dick auch immer sie sei, in jeder Tiefe heterogen, unzusammenhängend und mehr oder weniger zerrissen sei, bis zu der Tiefe, wo die plastischen oder zähen Schichten beginnen, welche den Uebergang zum Kerne bilden, ob dieser

nun flüssig oder nur heiss und durch die Hitze erweicht sein mag". Was man sich auch immer dabei denken mag, eine Speisung dieser Klüfte durch den unmittelbar angrenzenden heissflüssigen Stoff in Folge des ungeheuren Druckes ist nicht abzuleugnen. Je tiefer wir diesen Stoff setzen, desto höher ist der Druck, der auf ihn lastet, und desto höher wird die Lava in Folge desselben heraufsteigen.

12. „Aus welchem fassbaren Grunde sollen wir uns die vorgestellten Lavaseen gerade auf grossen Bogenlinien unter der Oberfläche liegend denken, wie z. B. unter den grossen Vulkanreihen, welche die Küsten des Pacifischen Oceans umsäumen?"

13. „Die vorwaltende Richtung der Mond-Rillen ist ungefähr rechtwinkelig zu den Linien der Erhebung".

14. „Es ist wohl kaum ein Versuch gemacht worden, alle diese Erscheinungen (plutonische, vulkanische und gebirgebildende Thätigkeit) als Wirkungen einer gemeinschaftlichen Ursache zu vereinigen, einer Ursache, die gleichmässig mit kosmischen Thatsachen und mit dem Mechanismus unserer Erde in Zusammenhang gebracht werden kann".

Die drei letzten Punkte überzeugen mich, dass H. Mallet meine oben p. 314 citirte Arbeit über diesen Gegenstand gar nicht kennt. Sie sei ihm, da er sich denn einmal für die Sache interessirt, aufs Wärmste empfohlen. Er wird dort pag. 439—444 bezüglich der Mondrillen genau das Gegentheil von seiner Behauptung nachgewiesen, pag. 411 ff. und 465 ff. den Zug der vulkanischen Ketten mit den Gränzen von Senkungsgebieten in engsten Zusammenhang gebracht und discutirt, und im ganzen Buch bereits das finden, was er (sub 14) als der erste geleistet zu haben vermeint.

Mallet, sowie andere Gegner meiner Theorie, berufen sich gerne darauf, dass zwei benachbarte Vulkane nicht gleichzeitig thätig sind, um ihren gesonderten Ursprung zu beweisen. Ganz dasselbe könnte man von den Reihenvulkanen sagen, deren gemeinsamen Ursprung aus einer und derselben Spalte doch Niemand in Abrede stellt; oder von den ver-

schiedenen Gipfelkratern des Vesuv und Aetna, die ja auch selten gleichzeitig thätig sind, ohne dass jemand sich erkühnte, hierin einen Beweis gegen ihren gemeinsamen Ursprung und unterirdischen Zusammenhang zu finden.

Inhalt.

Seite

Vorwort. VII

Erster Abschnitt. Ueber Erdbeben im Allgemeinen . . . 1

Anmerkung. [1]). Bisherige Tiefenberechnung . . . 251

„ [2]). Theilnahme des Wassers 253

Zweiter Abschnitt. Das Erdbeben von Belluno. 25

Anmerkung. [3]). Detail über die Stossrichtung . . 255

„ [4]). Belege der Vorausbestimmung . . 259

„ [5]). Weiteres Detail und Schlussfolgerung 260

Dritter Abschnitt. Der Ausbruch des Aetna am 29. August 1874. 46

Anmerkung. [6]). Erdstösse nach demselben 281

„ [7]). Vorausbestimmung derselben und Anderer 283

„ [8]). Die Kritik. 285

„ [9]). Methode, den Mondeinfluss zu erforschen 291

„ [10]). Ueber Definitionen des Vulcanismus 292

„ [11]). Tiefenberechnung durch den Schall 294

„ [12]). Knotenvulkane im Monde 295

„ [13]). Säculäre Stetigkeit der Mondfluth. 295

„ [14]). Atmosphärische Hochfluth 296

Vierter Abschnitt. Ueber das Innere der Erde 135

Fünfter Abschnitt. Ueber die nächste Ursache der Erdbeben. (Mathematischer Theil der Theorie) 187

	Seite
Anmerkung.[15]). Wirkung von Rutschungen und Explosionen	301
Sechster Abschnitt. Zusammenfassung der massgebenden Erscheinungen	229
Anmerkung.[16]). Heisse Quellen und Vulcanismus	302
Siebenter Abschnitt. Die Abkühlungsgeschichte der Erde in kurzen Umrissen.	235
Anmerkung.[17]). Ueber Schmick's Theorie	303
„ [18]). Aenderung der Erdrotation und der Polhöhen	304
„ [19]). Druckverminderung in eruptiven Massen	310
„ [20]). Polarlichter, Erdmagnetismus und Gezeiten	311
„ [21]). Perioden-Formeln.	312
Anhang. Ueber die Ansichten Mallet's	313

Druckfehler.

Seite		Zeile		von		lies
„	—	„	15	„	„	„ Cordilleren
„	9	„	6	„	oben	„ nicht
„	—	„	11	„	„	„ legenheit
„	11	„	7	„	„	„ einer solchen
„	13	„	8	„	unten	„ ergiessen
„	28	„	1	„	oben	„ Tafel XII
„	37	„	13	„	„	„ (Pag. 223) st. Taf. I.
„	72	„	13	„	„	„ Wiedererscheinens
„	84	„	14	„	„	„ -1 (?)
„	126	„	8	„	unten	„ 3909.
„	211	„	1	„	„	„ $\sin \frac{e_1 - e_2}{2}$
„	217	„	4	„	„	„ Gleichung (18)
„	256	„	3	„	oben	„ S 60 W
„	263	„	10	„	„	„ Mondkrater denselben Ursprung
„	265	„	19	„	„	„ nicht zahlreiche
„	301	„	16	„	„	„ die Auslegung.

DAS INNERE DES

NACH EINER VON RUDOLF FALB AN

(Zu S

Lit. Leykam

Taf. II.

ES AETNA-KRATERS.

AM 15. AUGUST 1874 ENTWORFENEN SKIZZE.

Seite 54.)

eykam-Josefsthal, Graz.

Tafel III.

RUDOLF FALB.

Taf. IV.

GEL a BEI DEN „DUE PIZZI"
1. AUGUST 1874,
UNG.(29 AUG.) AUFGENOMMEN VON RUDOLF FALB.
Zu Seite 71.)

egkam-Josefsthal, Graz.

UMGEBUNG DES MONTE-

AUFGENOMMEN AM 31. AUG

(Zu S

Lit. Leykam-

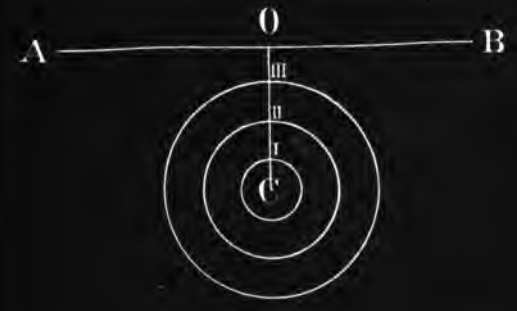
Taf. V.

TE-GRIGIO U. DES KRATERS a
AUGUST 1874 VON RUDOLF FALB.
u Seite 71.)

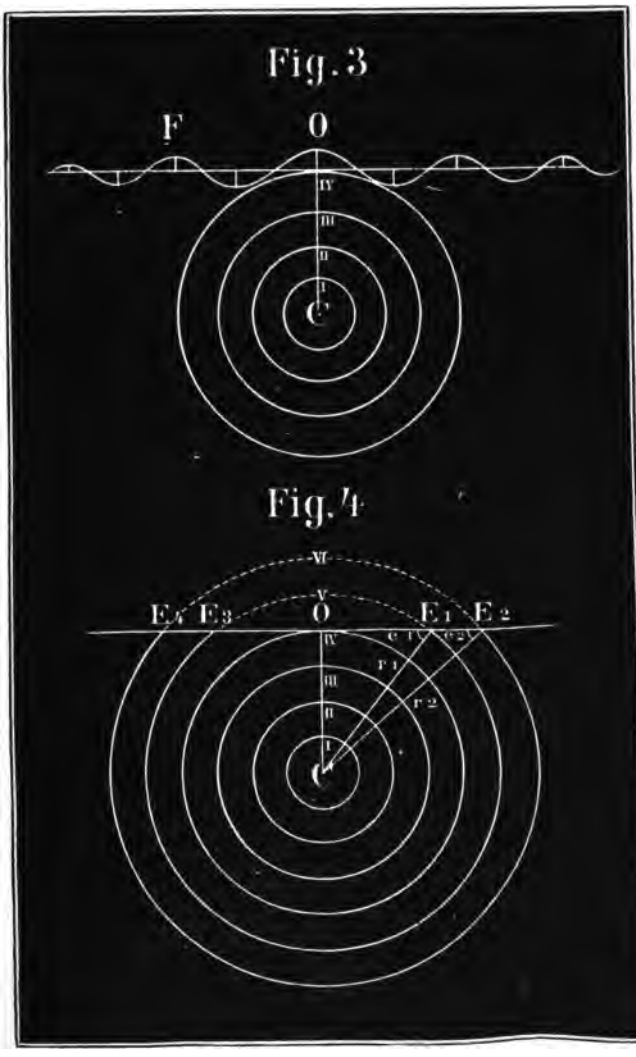
kam-Josefsthal, Graz.

Fig.1

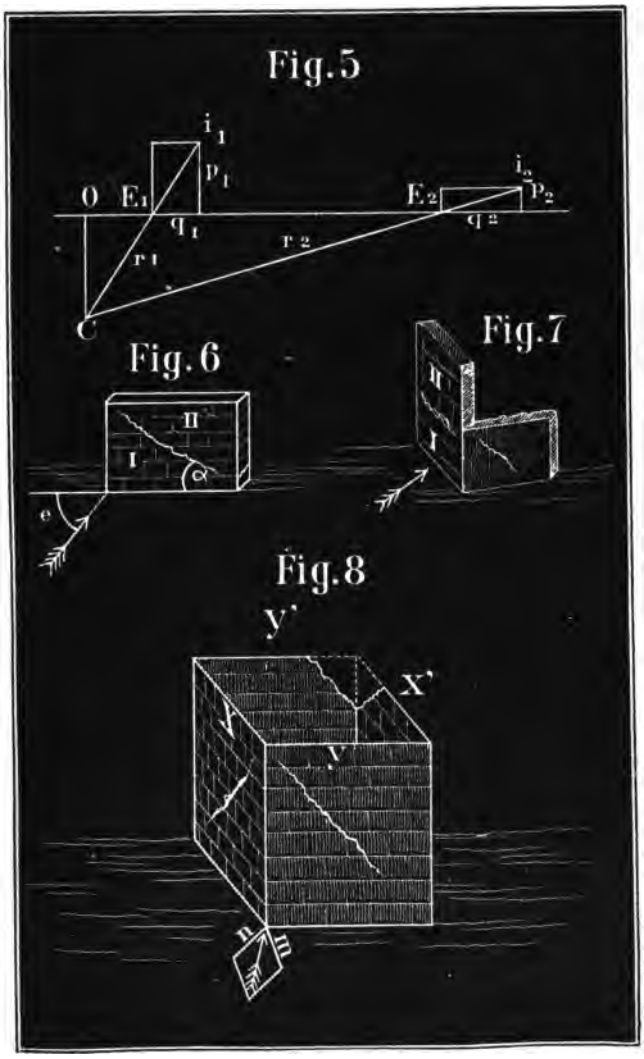
Fig.2



(Zu Seite 187 u.192)



(Zu Seite 192 u. 194)



(Zu Seite 196 - 199)

Fig. 9

Fig. 10

Fig. 11

Fig. 12

(Zu Seite 199 - 202)

Fig. 13

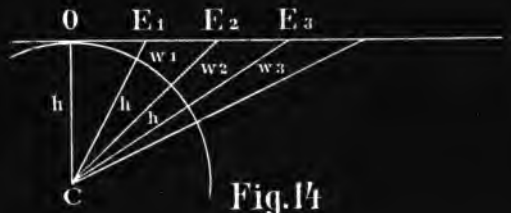


Fig. 14

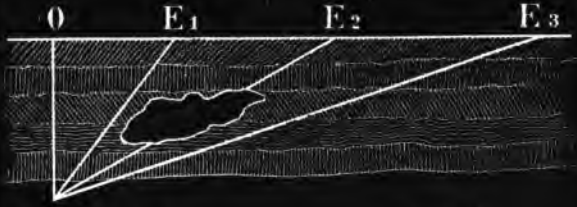
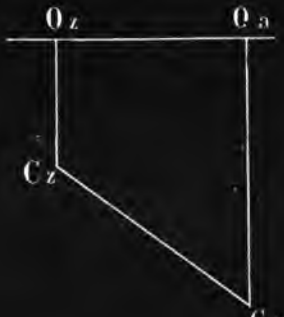
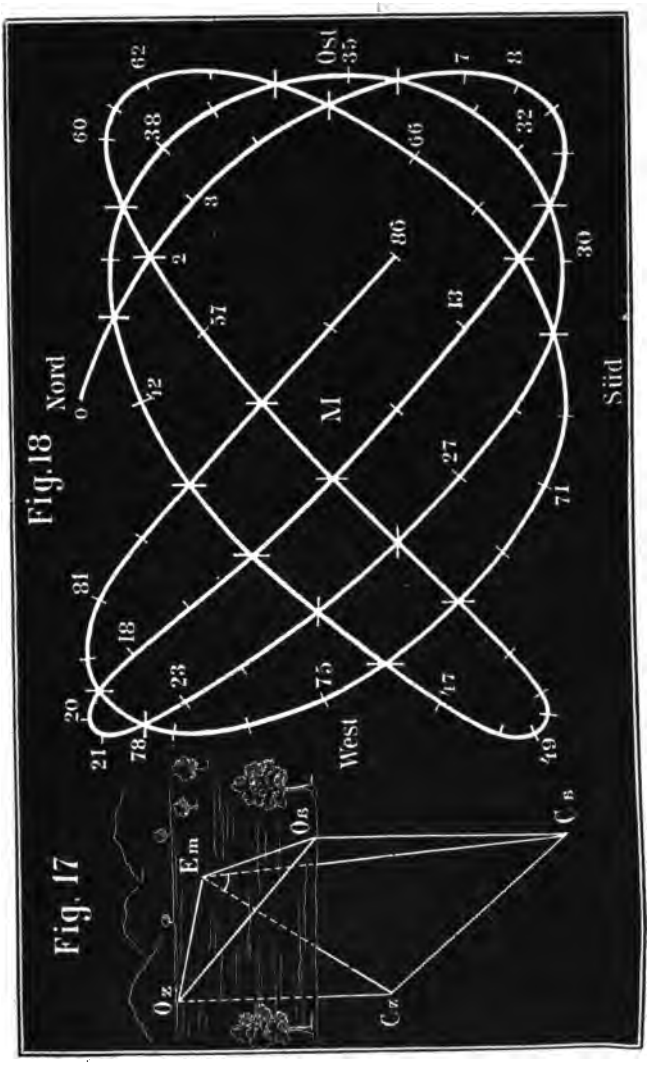


Fig. 15

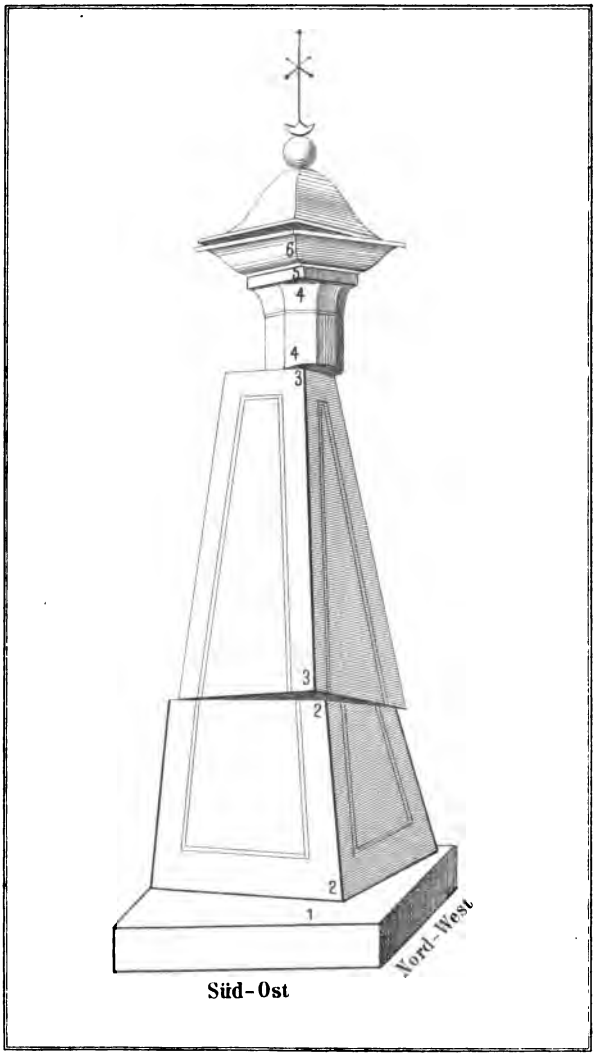
Fig. 16



(Zu Seite 203 - 220)



(Zu Seite 220 - 225)



(Zu Seite 280)

Fig. 20.

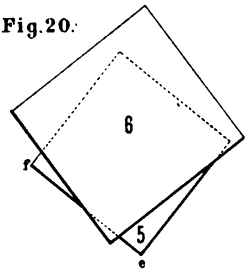


Fig. 21.

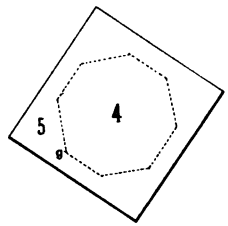


Fig. 22.

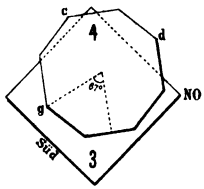


Fig. 23.

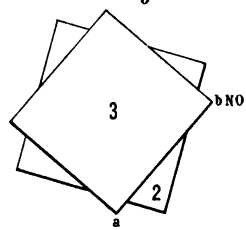


Fig. 24.

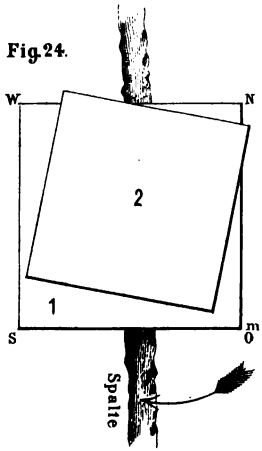
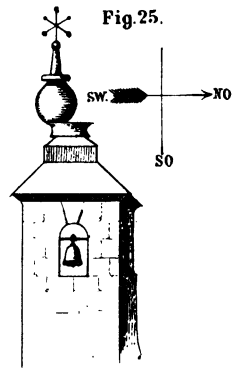


Fig. 25.



(Zu Seite 280 u. 258)